

PROJECTION LENS AND PROJECTION TYPE DISPLAY DEVICE USING THE SAME

Patent number: JP2003202492
Publication date: 2003-07-18
Inventor: FUSHIMI YOSHIMASA; TAKAHASHI MASAYUKI;
KIMURA SHUNSUKE
Applicant: MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD
Classification:
- international: **G02B13/04; G02B13/18; G02B13/22; G02B13/24;
G02B26/00; G02B27/18; G03B21/00; G03B21/14;
H04N5/74; G02B13/04; G02B13/18; G02B13/22;
G02B13/24; G02B26/00; G02B27/18; G03B21/00;
G03B21/14; H04N5/74; (IPC1-7): G02B13/04;
G02B13/18; G02B13/22; G02B13/24; G02B26/00;
G02B27/18; G03B21/00; G03B21/14; H04N5/74**
- european:
Application number: JP20020002829 20020109
Priority number(s): JP20020002829 20020109

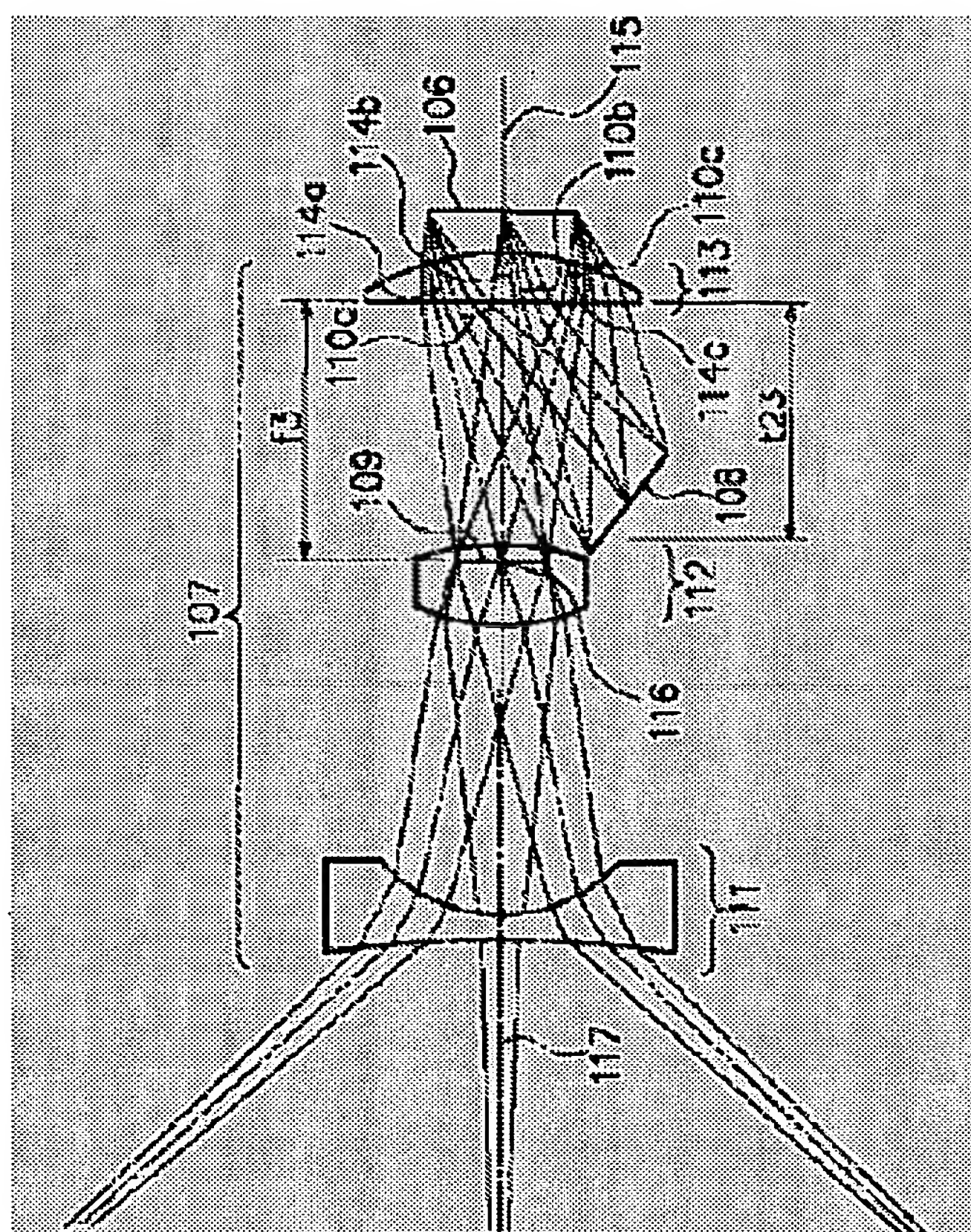
[Report a data error here](#)

Abstract of JP2003202492

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a wide-angle projection lens capable of securing a satisfactorily large backfocus ratio, having high resolution applicable to the projection of a high-definition image, and having a small F number, and to provide a projection type display device for displaying a bright image of high image quality by using the projection lens.

SOLUTION: The projection lens 107 is used wherein a 1st lens group 111 having a negative power, a 2nd lens group 112 having a positive power and a 3rd lens group 113 having a positive power are arranged. As for the projection lens 107, an off-axis principal ray from the 3rd lens group is made to cross an optical axis 117 inside the 2nd lens group, and the optical axis of the 1st lens group, the optical axis of the 2nd lens group and the optical axis of the 3rd lens group are aligned with the optical axis 117. A distance t23 between the 2nd lens group and the 3rd lens group, the focal distance f3 of the 3rd lens group and the focal distance (f) of the whole system are set so that the following inequalities are satisfied; $0.6 < (t23/f3) < 1.1$ and $3.5 < (t23/f) < 6.5$.

COPYRIGHT: (C)2003,JPO



Partial Translation of
JP 2003-202492 A

Publication Date: July 18, 2003
5 Application No.: 2002-2829
Filing Date: January 9, 2002
Applicant: Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.
1006-banchi, Oaza-Kadoma, Kadoma-shi, Osaka-fu,
JAPAN

10

Title of the Invention: PROJECTION LENS AND PROJECTION TYPE
DISPLAY DEVICE USING THE SAME

15 Translation of Column 1, lines 17 - 33

[Claim 2]

A projection lens for enlarging and projecting an optical image
formed on a spatial optical modulating element on a screen,
20 the projection lens comprising: a first group of lenses with negative
power; a second group of lenses with positive power; an aperture stop; and a
third group of lenses with positive power in this order from the screen side,
wherein abaxial principal light beams from the third group of lenses
cross each other inside the second group of lenses and an optical axis of the
25 first group of lenses, an optical axis of the second group of lenses and an
optical axis of the third group of lenses coincide with each other,
the aperture stop is disposed eccentric with respect to each of the
optical axes, and
following formulae are satisfied:
30 $0.6 < (t_{23}/f_3) < 1.1$ (Formula 3)
 $3.5 < (t_{23}/f) < 6.5$ (Formula 4)
where t_{23} denotes a distance between the second group of lenses and
the third group of lenses, f_3 denotes a focal length of the third group of
lenses, and f denotes a focal length of all systems.

35

Translation of Column 16, lines 4 - 10

[0075] In the present Embodiment 2, unlike Embodiment 1, an aperture stop 216 is provided as shown in FIG. 6B. The aperture stop 216 is disposed eccentric with respect to the optical axis 217. In addition, in
5 Embodiment 2, the aperture stop 216 has a circular shape, but the shape thereof is not limited to this, and may be, for example, an elliptical shape.

Translation of Column 18, lines 45 - 50

10 [0099] In addition, since the aperture stop 216 that is disposed eccentric with respect to the projection optical system is provided as described above, it is not preferable to rotate a lens or a group of the lenses provided with the aperture stop, and to adjust a focus forward or backward by this rotation. Thus, in the present Embodiment 2, a focus adjusting means of the
15 projection optical system preferably controls a focus not by rotating the group of lenses, but by only moving them in the direction of the optical axis, and particularly preferably controls a focus by moving a part of the group of the lenses, for example, only a front group of the lenses. More specifically, examples thereof include a focus adjusting means using forwarding helicoid.
20 In addition, if the focus adjustment is performed by rotating only a group of lenses that are not provided with any eccentric aperture stop, such an focus adjusting means can be preferably used.

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームト [*] (参考)
G 0 2 B	13/04	C 0 2 B	D 2 H 0 4 1
	13/18		2 H 0 8 7
	13/22		2 K 1 0 3
	13/24		5 C 0 5 8
	26/00	26/00	

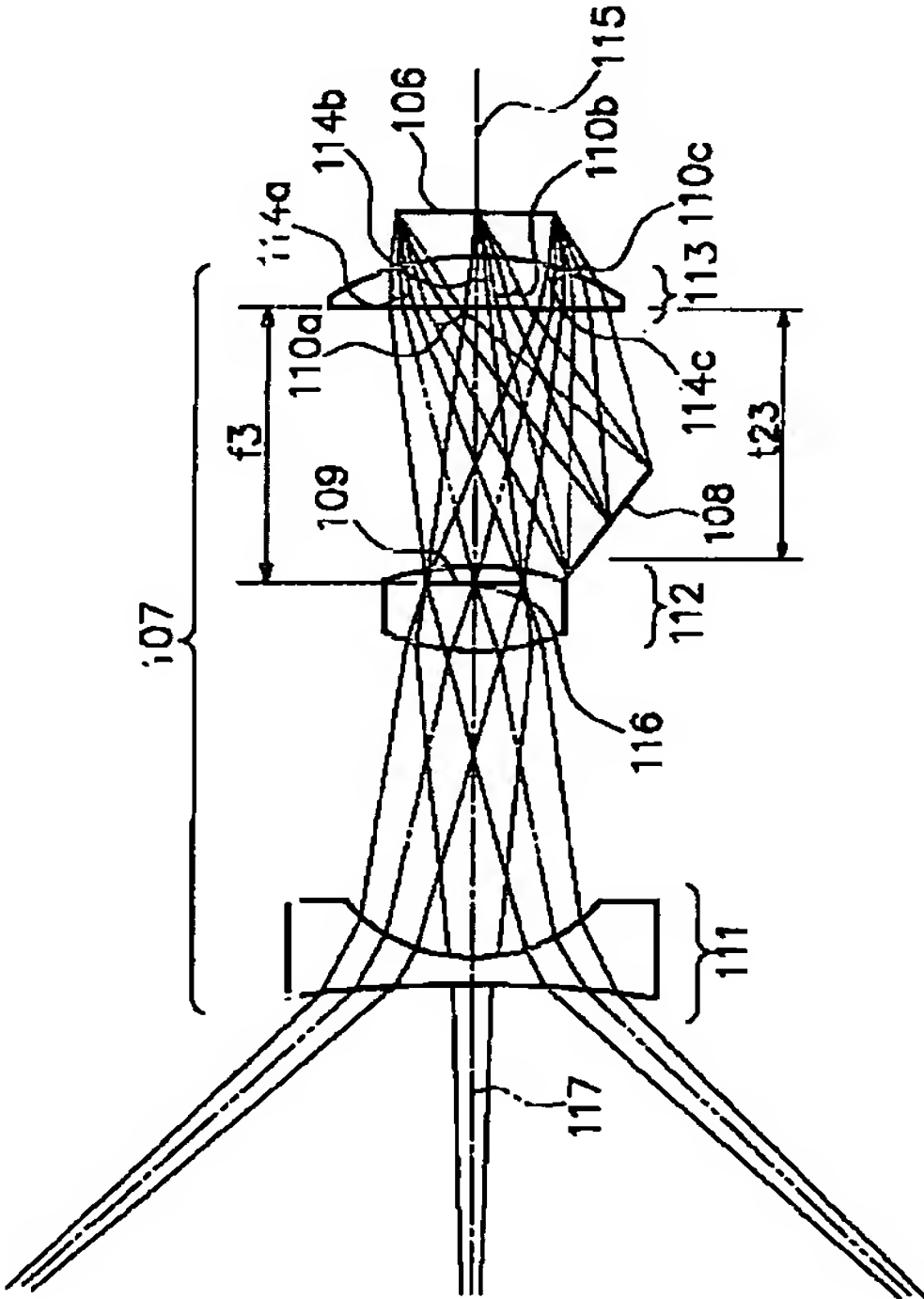
審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 55 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2002-2829(P2002-2829)	(71) 出願人	000003821 松下電器産業株式会社 大阪府門真市大字門真1006番地
(22) 出願日	平成14年 1 月 9 日 (2002. 1. 9)	(72) 発明者	伏見 吉正 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
		(72) 発明者	高橋 昌之 大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内
		(74) 代理人	110000040 特許業務法人池内・佐藤アンドパートナーズ

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 投写レンズ及びそれを用いた投写型表示装置

(57) 【要約】
【課題】 広角で、十分に大きなバックフォーカス比を確保でき、高精細画像の投影に対応した高い解像性能を有し、及び小さいFナンバを実現する投写レンズ、並びにそれを用いることによって明るく高画質な映像を表示し得る投写型表示装置を提供することにある。
【解決手段】 負パワーの第1レンズ群111、正パワーの第2レンズ群112及び正パワーの第3レンズ群113が配置された投写レンズ107を用いる。投写レンズ107において、第3レンズ群からの軸外主光線を第2レンズ群の内部で光軸117と交わせ、第1レンズ群の光軸、第2レンズ群の光軸及び第3レンズ群の光軸を光軸117に一致させる。第2レンズ群と第3レンズ群との距離t23、第3レンズ群の焦点距離f3、及び全系の焦点距離fを、 $0.6 < (t23 / f3) < 1.1$ 及び $3.5 < (t23 / f) < 6.5$ が満たされるように設定する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 空間光変調素子上に形成された光学像をスクリーン上に拡大投写する投写レンズであって、前記スクリーン側から順に、負パワーの第1レンズ群と、正パワーの第2レンズ群と、正パワーの第3レンズ群とを有し、前記第3レンズ群からの軸外主光線が前記第2レンズ群の内部で当該投写レンズの光軸と交わり、且つ、前記第1レンズ群の光軸、前記第2レンズ群の光軸及び第3レンズ群の光軸が一致するように構成されており、

前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との距離を t_{23} 、前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 、全系の焦点距離を f としたときに下記(数1)及び(数2)を満たすことを特徴とする投写レンズ。

$$〔数1〕 \quad 0.6 < (t_{23}/f_3) < 1.1$$

$$〔数2〕 \quad 3.5 < (t_{23}/f) < 6.5$$

【請求項2】 空間光変調素子上に形成された光学像をスクリーン上に拡大投写する投写レンズであって、前記スクリーン側から順に、負パワーの第1レンズ群と、正パワーの第2レンズ群と、絞りと、正パワーの第3レンズ群とを有し、前記第3レンズ群からの軸外主光線が前記第2レンズ群内部で互いに交わり、且つ、前記第1レンズ群の光軸、前記第2レンズ群の光軸及び第3レンズ群の光軸が一致するように構成されており、前記絞りは前記各光軸に対して偏心して配置されており、

前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との距離を t_{23} 、前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 、全系の焦点距離を f としたときに下記(数3)及び(数4)を満たすことを特徴とする投写レンズ。

$$〔数3〕 \quad 0.6 < (t_{23}/f_3) < 1.1$$

$$〔数4〕 \quad 3.5 < (t_{23}/f) < 6.5$$

【請求項3】 空間光変調素子上に形成された光学像をスクリーン上に拡大投写する投写レンズであって、前記スクリーン側から順に、負パワーの第1レンズ群と、正パワーの第2レンズ群と、前記第2レンズ群に配置された絞りと、正パワーの第3レンズ群とを有し、前記第2レンズ群は、前記スクリーン側から順に、負レンズと正レンズとの接合レンズと、少なくとも1面に非球面を有する単レンズと、正レンズと負レンズとの接合レンズと、少なくとも1面に非球面を有する単レンズと、負レンズと正レンズとの接合レンズと、正レンズとを有し、

前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との距離を t_{23} 、前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 、全系の焦点距離を f としたときに下記(数5)及び(数6)を満たすことを特徴とする投写レンズ。

$$〔数5〕 \quad 0.6 < (t_{23}/f_3) < 1.1$$

$$〔数6〕 \quad 3.5 < (t_{23}/f) < 6.5$$

【請求項4】 空間光変調素子上に形成された光学像をスクリーン上に拡大投写する投写レンズであって、前記スクリーン側から順に、負パワーの第1レンズ群と、正パワーの第2レンズ群と、正パワーの第3レンズ群とを有し、前記第1レンズ群は、スクリーン側に凸面を向けた一枚以上の負メニスカスレンズと正レンズとを少なくとも有し、前記第2レンズ群は、前記スクリーン側から順に、前記スクリーン側に凸面を向けた1枚の正レンズを含む第4レンズ群と、少なくとも1面に非球面を有する単レンズと、負レンズと正レンズとの接合レンズを含む第5レンズ群とを有し、前記第4レンズ群と前記単レンズとの間の空気間隔が前記第2レンズ群における最大の空気間隔となるように構成されており、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との距離を t_{23} 、前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 、全系の焦点距離を f としたときに下記(数7)及び(数8)を満たすことを特徴とする投写レンズ。

$$〔数7〕 \quad 0.6 < (t_{23}/f_3) < 1.1$$

$$〔数8〕 \quad 3.5 < (t_{23}/f) < 6.5$$

【請求項5】 空間光変調素子上に形成された光学像をスクリーン上に拡大投写する投写レンズであって、前記スクリーン側から順に、負パワーの第1レンズ群と、正パワーの第2レンズ群と、前記第2レンズ群に配置された絞りと、正パワーの第3レンズ群とを有し、前記第1レンズ群は、前記スクリーン側から順に、前記スクリーン側に凸面を向けた第1の負メニスカスレンズと、両レンズ面が凹面のレンズと、前記スクリーン側に凸面を向けた第2の負メニスカスレンズと、負レンズと正レンズとの接合レンズとを有し、前記第2レンズ群は、前記スクリーン側から順に、前記スクリーン側に凸面を向けた正メニスカスレンズと、少なくとも1面に非球面を有する単レンズと、負レンズと正レンズとの接合レンズと、正レンズとを有し、前記正メニスカスレンズと前記単レンズとの間の空気間隔が前記第2レンズ群における最大の空気間隔となるように構成されており、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との距離を t_{23} 、前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 、全系の焦点距離を f としたときに下記(数9)及び(数10)を満たすことを特徴とする投写レンズ。

$$〔数9〕 \quad 0.6 < (t_{23}/f_3) < 1.1$$

$$〔数10〕 \quad 3.5 < (t_{23}/f) < 6.5$$

【請求項6】 空間光変調素子上に形成された光学像をスクリーン上に拡大投写する投写レンズであって、前記スクリーン側から順に、負パワーの第1レンズ群と、光路を折り曲げる機能を有するミラー手段と、正パワーの第2レンズ群と、前記第2レンズ群に配置された絞りと、正パワーの第3レンズ群とを有し、前記第1レンズ群は、前記スクリーン側から順に、前記スクリーン側に凸面を向けた第1の負メニスカスレンズと、負のレンズと、前記空間光変調素子側に凸面を向けた正レンズ

と、前記スクリーン側に凸面を向けた第2の負メニスカスレンズとを有し、前記第2のレンズ群は、前記スクリーン側から順に、前記スクリーン側に凸面を向けた正メニスカスレンズと、少なくとも1面に非球面を有する単レンズと、負レンズと正レンズとの接合レンズとを有し、

前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との距離を t_{23} 、前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 、全系の焦点距離を f としたときに下記(数11)及び(数12)を満たすことを特徴とする投写レンズ。

【数11】 $0.6 < (t_{23}/f_3) < 1.1$

【数12】 $3.5 < (t_{23}/f) < 6.5$

【請求項7】 空間光変調素子上に形成された光学像をスクリーン上に拡大投写する投写レンズであって、前記スクリーン側から順に、負パワーの第1レンズ群と、正パワーの第2レンズ群と、透明プリズムと、正パワーの第3レンズ群とを有し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との距離を t_{23} 、前記第3レンズ群の焦点距離を f_3 、全系の焦点距離を f としたときに下記(数13)及び(数14)を満たすことを特徴とする投写レンズ。

【数13】 $0.6 < (t_{23}/f_3) < 1.1$

【数14】 $3.5 < (t_{23}/f) < 6.5$

【請求項8】 前記第1レンズ群の焦点距離を f_1 、前記第2レンズ群の焦点距離を f_2 としたときに、更に下記(数15)、(数16)及び(数17)を満たす請求項1から7のいずれかに記載の投写レンズ。

【数15】 $0.3 < (f/f_1) < 1.5$

【数16】 $0.1 < (f/f_2) < 0.65$

【数17】 $0.1 < (f/f_3) < 0.3$

【請求項9】 Fナンバーが2.4以下、画角が40度以上である請求項1から8のいずれかに記載の投写レンズ。

【請求項10】 前記第3レンズ群が、前記スクリーン側に凸面を向けて配置されている請求項1から8のいずれかに記載の投写レンズ。

【請求項11】 前記第1レンズ群及び第2レンズ群が、非球面を少なくとも1面有している請求項1から8のいずれかに記載の投写レンズ。

【請求項12】 射出側がテレセントリック系で構成されている請求項1から8のいずれかに記載の投写レンズ。

【請求項13】 前記請求項1～12のいずれかに記載の投写レンズと、光源と、前記光源から放射される光によって照明されて光学像を形成する空間光変調素子とを少なくとも有することを特徴とする投写型表示装置。

【請求項14】 前記光源からの光を青、緑、赤の3色に時間的に制限する手段を更に有し、前記空間光変調素子が、前記分離された光の種類に対応した光学像を形成する請求項13に記載の投写型表示装置。

【請求項15】 前記請求項13又は14に記載の投写型表示装置と、前記請求項13又は14に記載の投写型表示装置を構成する投写レンズから投写された光を折り曲げるミラーと、前記投写された光を透過散乱させて表示するスクリーンとを少なくとも有することを特徴とするリアプロジェクタ。

【請求項16】 複数の前記請求項13又は14に記載の投写型表示装置と、前記各投写型表示装置毎に備えられた複数枚の透過型スクリーンと、前記各投写型表示装置毎に映像信号を供給する映像信号供給手段とを少なくとも有し、

前記映像信号供給手段は、一の画像の映像信号を分割し、前記各投写型表示装置毎に異なる分割された映像信号を供給する機能を有するものであることを特徴とするマルチビジョンシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、投写レンズ、特に空間光変調素子の映像をスクリーン上に拡大投写する投写レンズ、及びそれを用いた投写型表示装置に関する。

【0002】

【従来の技術】大画面映像を得る方法として、空間光変調素子上に映像信号に応じた光学像を形成し、その光学像に光を照射し投写レンズによりスクリーン上に拡大投写する方法が従来からよく知られている。この空間光変調素子として、映像信号に応じて光の進行方向を制御することにより画像を形成する反射型の空間光変調素子（反射型ライトバルブ）を用いれば、より光利用効率の高い、高輝度の投写画像を表示できる。

【0003】このような反射型ライトバルブとしては、近年、DMD (Digital Micro-Mirror Device) が注目されている。DMDはシリコン基板の上に複数の微小な反射鏡（以下「微小ミラー」という。）を2次元的に配置してなるものであり、各微小ミラーが画素を構成する。各微小ミラーは、画素の対角位置において対角方向に設けられた二つの回転支軸によって、 ± 10 度の範囲でシーソーのように可動するよう構成されている。例えば微小ミラーが $+10$ 度傾いた状態がON、 -10 度傾いた状態がOFFとされる。DMDは、映像信号に応じて、各微小ミラーを $+10$ 度または -10 度傾かせることで光線の出射方向を制御し、光学像を形成する。

【0004】図40は、DMDの各画素を構成する微小ミラーの動作状態を示す図である。なお、図40は、DMDの各微小ミラーの回転支軸に垂直に切断してなる断面で示されており、反時計方向が微小ミラーの回転正方向となっている。図40において、31から36は微小ミラーであり、各画素を構成している。37は投写レンズの一部を示している。

【0005】図40の例では、微小ミラー31、33、36は反射型ライトバルブ（DMD）の基準面38に対

して+10度（反時計方向）傾いており、ON状態となっている。このため入射光39の一部は微小ミラー31、33、36で反射されて、投写レンズに入射する。一方、微小ミラー32、34、35は反射型ライトバルブの基準面38に対して-10度（時計方向）傾いており、OFF状態となっている。このため、微小ミラー32、34、35で反射された入射光39は投写レンズ37に入射しない。このようなDMDは偏光を利用する液晶パネルに比べ、自然光を利用でき、光利用率が高く、更に応答速度が速いなどの特徴を持っている。

【0006】反射型ライトバルブとしてDMD素子を用いた投写型表示装置の光学系として、WO98-29773号に構成例が示されている。図41は、従来のDMD素子を用いた投写型表示装置を示す図であり、反射型ライトバルブ46の各微小ミラーの回転支軸に垂直に切断してなる断面で示されている。同図(a)は装置全体の概略構成を示しており、同図(b)は反射型ライトバルブの近傍部分を拡大して示している。

【0007】最初に図41(a)を用いて説明する。図41(a)に示すように、光源1は、ランプ1aと凹面鏡1bとで構成されている。凹面鏡1bは楕円面鏡であり、ガラス製基材の内面に、赤外光を透過させるが可視光を反射させる光学多層膜を蒸着して構成したものである。ランプ1aはその発光体の中心が凹面鏡1bの第1焦点f1に位置するように配置されている。よって、ランプ1aから放射された光は凹面鏡1bにより反射され、凹面鏡1bの第2焦点（図示せず）に向かい、第2焦点に発光体像を形成する。第2焦点を通過した光は照明光学系2に向かう。

【0008】照明光学系2は第1のレンズアレイ2aと第2のレンズアレイ2bとで構成されている。第1のレンズアレイ2a及び第2のレンズアレイ2bはそれぞれ複数のレンズ素子で構成されている。第1のレンズアレイ2aと第2のレンズアレイ2bとは、照明光学系2に入射した光によって第1のレンズアレイ2aを構成する各レンズ素子が第2のレンズアレイ2bの対応する各レンズ素子上に発光体像を形成するように、配置されている。

【0009】照明光学系2に入射した光は、第1のレンズアレイ2aと第2のレンズアレイ2bにより複数の光束に分割された後、リレーレンズ5によって重ね合わされ、全反射ミラー41を経て全反射プリズム43に入射する。全反射プリズム43は、空気層44を介して配置された2つの単体プリズム43aと43bとで構成されている。48は投写レンズである。

【0010】次に図41(b)を用いて説明する。全反射プリズム43に入射した入射光45は単体プリズム43bと空気層44との界面で全反射して反射型ライトバルブ46側へと進行する。反射型ライトバルブ46は映像信号に応じて光の進行方向を制御して光学像を形成す

る。反射型ライトバルブ46からの反射光47は、反射型ライトバルブ46の表示領域に垂直な主光線を持つ光束として出射され、単体プリズム43bまたは43aと空気層44との界面で反射されることなく全反射プリズム43を透過し、投写レンズ48（図9(a)参照）に入射する。これにより、反射型ライトバルブ46上の光学像は投写レンズ48によりスクリーン上に拡大投写される。

【0011】このような投写型表示装置のうちデータ表示やグラフィック表示用のプロジェクターにおいては、画面周辺での性能が厳しく要求されるため、図形歪みや色のにじみが無いことが重要である。このため、投写レンズの歪曲収差と倍率の色収差がよく補正されていることが必要である。また、プロジェクションテレビや、マルチディスプレイとして用いられる投写型表示装置では、周辺での明るさも要求され、周辺光量比で70%以上を要求される。更に、画面の均一性を得るため、これらの投写型表示装置においては、ライトバルブ面でテレセントリックであることが望ましい。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】しかし、図41に示した投写型表示装置においては、照明光と投写光の分離に全反射プリズム43が必須になるため、コストアップにつながっているという問題がある。また、全反射プリズム43においては、内部に微小な空気層を含んでいるため、その公差により、投写レンズ48の解像特性が大きく左右されるという問題もある。

【0013】この問題の解決を図るため、特開2000-98272号公報等には、投写光学系を非テレセントリック系とし、それに応じた照明を発生させる構成が開示されている。図42は、従来の投写光学系を非テレセントリック系とした投写型表示装置を示す図である。なお、同図に示す投写型表示装置においても反射型ライトバルブ63としてDMDが用いられており、同図は反射型ライトバルブ63の各微小ミラーの回転支軸に垂直に切断してなる断面で示されている。同図(a)は装置全体の概略構成を示しており、同図(b)は反射型ライトバルブ近傍部分を拡大して示している。

【0014】図42(a)に示すように、光源1は図40で示した光源1と同様のものであり、ランプ1aと凹面鏡1bとで構成されている。図40の例と同様に、ランプ1から放射された光は凹面鏡1bにより反射された後、凹面鏡1bの第2焦点に発光体像を形成する。第2焦点を通過した光はロッドレンズ61に入射し、均一化される。ロッドレンズ61で均一化された照明光は、リレーレンズ62を通過する。

【0015】図42(b)に示すように、リレーレンズ62を通過した照明光は、照明光学系の出射面67を通過して反射型ライトバルブ63に所定の入射角度で入射する。反射型ライトバルブ63は映像信号に応じて光の

進行方向を制御して光学像を形成する。反射型ライトバルブ63への入射光64a~64cはそれぞれ所定の角度で反射され、反射光(出射光)65が投写レンズ68によりスクリーン上に拡大投写される。66は投写光学系の瞳である。

【0016】このように図42に示す投写型表示装置においては、非テレセントリック系の投写光学系を用いており、全反射プリズムは必要ないため、図41で示した投写型表示装置よりもコストを下げる可以考虑とされる。

【0017】しかし、図42に示す投写型表示装置の構成では、反射型ライトバルブ63の表示領域全体における微小ミラーの反射面の法線方向が一定であるため、反射型ライトバルブ63の光軸と投写光学系の光軸を略一致させると、入射光と出射光の光路が重なってしまう。そのため、均一照明で、良好な画像を得る構成とすることは物理的に困難であり、入射光64と出射光65を分離するために、投写光学系の光軸をオフセットさせる必要がある。よって、投写光学系は軸ずらし投影となり、有効表示領域を拡大する必要があるため、光学系が大型化し、却ってコストアップになるという問題がある。また、正面投写ができないという問題もある。

【0018】ところで、投写型表示装置に使用される投写レンズにおいては、一般に以下の特性を備えていることが要求される。第1に、ハイビジョンなどの精密な表示画像を拡大投影するために、優れた解像性能を備えていることが要求される。そのために、歪曲を含めて諸収差の発生を良好に抑制する必要がある。第2に、明るい投写画像を得るためにライトバルブから出射する光を広い角度で集光でき、Fナンバが小さいことが要求される。

【0019】第3に、投写画像の画面周辺部における光量の低下を抑制するために、最大画角範囲まで高い開口効率が維持できることが要求される。第4に、表示むらの少ない投写画像を得るために、ライトバルブ側の主光線についてテレセントリック性の高いことが要求される。第5に、投写距離を短くするために広角レンズであることが好ましく、焦点距離 f が短いことが要求される。

【0020】更に、投写レンズにおいては、照明光学系及び投写光分離系を配置する空間を得るため、バックフォーカス(投写レンズの後玉頂点から後側焦点までの距離) f_B が非常に長いことも要求される。具体的には、1を超える非常に大きなバックフォーカス比 f_B/f が要求される。

【0021】これらの要求性能に対して、一般に、焦点距離 f を短くすることと、バックフォーカス f_B を長くすることは相反する。例えば、スクリーン側から順に、負パワーの前群、正パワーの後群を配置するレトロフォーカス型が知られているが、 f_B/f として2程度を満

現しようとする、歪曲収差が非常に大きくなると共に、諸収差の発生量が増大し、高い解像性能を得ることが困難となる。

【0022】また、一般に、Fナンバを小さくすることと、高い解像性能を得ることも相反する。Fナンバを小さくするほど、主光線に対してより広い角度をなして進行する光線について、収差の発生を良好に抑制しなければならないからである。

【0023】これらのことから従来においては、焦点距離 f 、バックフォーカス比 f_B/f 、解像性能、Fナンバ、テレセントリック性、開口効率の全てについて、高いレベルで満たされた投写レンズを実現することは困難であったと言える。さらに投写レンズの実現の困難性から、短い投写距離で高画質な投写画像を表示する投写型表示装置を実現することも困難であったといえる。

【0024】例えば、特開平12-275729号公報に開示されたレンズは、大きなバックフォーカス比を実現すると共に諸収差を良好に補正しているが、Fナンバが比較的大きく、F3である。また、このレンズを用いた投写型表示装置においては、液晶パネルから光軸に対して±約10度の範囲に出射する光しか利用できないので、明るい投写画像を得ることが困難である。

【0025】その他、FナンバがF3、焦点距離 f が24.3mm、バックフォーカス f_B が35mm、バックフォーカス比 f_B/f が約1.4である投写レンズも実現されている。しかし、この投写レンズを用いた場合、テレセントリック性が良好でなく、又高精細な画像を投影するには解像性能が全く十分ではないため、ハイビジョンレベルの画像を投影するのは困難である。より明るい投写画像を得るために、Fナンバは、例えばF2.4以下のより小さな値であることが望まれる。

【0026】本発明の目的は、上記問題点を解決し、広角で、十分に大きなバックフォーカス比を確保でき、高精細画像の投影に対応した高い解像性能を有し、及び小さいFナンバを実現する投写レンズ、並びにそれを用いることによって明るく高画質な映像を表示し得る投写型表示装置を提供することにある。

【0027】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために本発明にかかる第1の投写レンズは、空間光変調素子上に形成された光学像をスクリーン上に拡大投写する投写レンズであって、スクリーン側から順に、負パワーの第1レンズ群と、正パワーの第2レンズ群と、正パワーの第3レンズ群とを有し、第3レンズ群からの軸外主光線が第2レンズ群の内部で当該投写レンズの光軸と交わり、且つ、第1レンズ群の光軸、第2レンズ群の光軸及び第3レンズ群の光軸が一致するように構成されており、第2レンズ群と第3レンズ群との距離を t_{23} 、第3レンズ群の焦点距離を f_3 、全系の焦点距離を f としたときに下記(数18)及び(数19)を満たすことを

特徴とする。

【0028】

[数18] $0.6 < (t_{23}/f_3) < 1.1$

[数19] $3.5 < (t_{23}/f) < 6.5$

【0029】また、上記目的を達成するために本発明にかかる第2の投写レンズは、空間光変調素子上に形成された光学像をスクリーン上に拡大投写する投写レンズであって、スクリーン側から順に、負パワーの第1レンズ群と、正パワーの第2レンズ群と、絞りと、正パワーの第3レンズ群とを有し、第3レンズ群からの軸外主光線が第2レンズ群内部で互いに交わり、且つ、第1レンズ群の光軸、第2レンズ群の光軸及び第3レンズ群の光軸が一致するように構成されており、絞りは各光軸に対して偏心して配置されており、第2レンズ群と第3レンズ群との距離を t_{23} 、第3レンズ群の焦点距離を f_3 、全系の焦点距離を f としたときに下記(数20)及び(数21)を満たすことを特徴とする。

【0030】

[数20] $0.6 < (t_{23}/f_3) < 1.1$

[数21] $3.5 < (t_{23}/f) < 6.5$

【0031】また、上記目的を達成するために本発明にかかる第3の投写レンズは、空間光変調素子上に形成された光学像をスクリーン上に拡大投写する投写レンズであって、スクリーン側から順に、負パワーの第1レンズ群と、正パワーの第2レンズ群と、第2レンズ群に配置された絞りと、正パワーの第3レンズ群とを有し、第2レンズ群は、スクリーン側から順に、負レンズと正レンズとの接合レンズと、少なくとも1面に非球面を有する単レンズと、正レンズと負レンズとの接合レンズと、少なくとも1面に非球面を有する単レンズと、負レンズと正レンズとの接合レンズと、正レンズとを有し、第2レンズ群と第3レンズ群との距離を t_{23} 、第3レンズ群の焦点距離を f_3 、全系の焦点距離を f としたときに下記(数22)及び(数23)を満たすことを特徴とする。

【0032】

[数22] $0.6 < (t_{23}/f_3) < 1.1$

[数23] $3.5 < (t_{23}/f) < 6.5$

【0033】また、上記目的を達成するために本発明にかかる第4の投写レンズは、空間光変調素子上に形成された光学像をスクリーン上に拡大投写する投写レンズであって、スクリーン側から順に、負パワーの第1レンズ群と、正パワーの第2レンズ群と、正パワーの第3レンズ群とを有し、第1レンズ群は、スクリーン側に凸面を向けた一枚以上の負メニスカスレンズと正レンズとを少なくとも有し、第2レンズ群は、スクリーン側から順に、スクリーン側に凸面を向けた1枚の正レンズを含む第4レンズ群と、少なくとも1面に非球面を有する単レンズと、負レンズと正レンズとの接合レンズを含む第5レンズ群とを有し、第4レンズ群と前記単レンズとの間

の空気間隔が第2レンズ群における最大の空気間隔となるように構成されており、第2レンズ群と第3レンズ群との距離を t_{23} 、第3レンズ群の焦点距離を f_3 、全系の焦点距離を f としたときに下記(数24)及び(数25)を満たすことを特徴とする。

【0034】

[数24] $0.6 < (t_{23}/f_3) < 1.1$

[数25] $3.5 < (t_{23}/f) < 6.5$

【0035】また、上記目的を達成するために本発明にかかる第5の投写レンズは、空間光変調素子上に形成された光学像をスクリーン上に拡大投写する投写レンズであって、スクリーン側から順に、負パワーの第1レンズ群と、正パワーの第2レンズ群と、第2レンズ群に配置された絞りと、正パワーの第3レンズ群とを有し、第1レンズ群は、スクリーン側から順に、スクリーン側に凸面を向けた第1の負メニスカスレンズと、両レンズ面が凹面のレンズと、スクリーン側に凸面を向けた第2の負メニスカスレンズと、負レンズと正レンズとの接合レンズとを有し、前記第2レンズ群は、スクリーン側から順に、スクリーン側に凸面を向けた正メニスカスレンズと、少なくとも1面に非球面を有する単レンズと、負レンズと正レンズとの接合レンズと、正レンズとを有し、正メニスカスレンズと単レンズとの間の空気間隔が第2レンズ群における最大の空気間隔となるように構成されており、第2レンズ群と第3レンズ群との距離を t_{23} 、第3レンズ群の焦点距離を f_3 、全系の焦点距離を f としたときに下記(数26)及び(数27)を満たすことを特徴とする。

【0036】

[数26] $0.6 < (t_{23}/f_3) < 1.1$

[数27] $3.5 < (t_{23}/f) < 6.5$

【0037】また、上記目的を達成するために本発明にかかる第6の投写レンズは、空間光変調素子上に形成された光学像をスクリーン上に拡大投写する投写レンズであって、スクリーン側から順に、負パワーの第1レンズ群と、光路を折り曲げる機能を有するミラー手段と、正パワーの第2レンズ群と、第2レンズ群に配置された絞りと、正パワーの第3レンズ群とを有し、第1レンズ群は、スクリーン側から順に、スクリーン側に凸面を向けた第1の負メニスカスレンズと、負のレンズと、空間光変調素子側に凸面を向けた正レンズと、スクリーン側に凸面を向けた第2の負メニスカスレンズとを有し、第2のレンズ群は、スクリーン側から順に、スクリーン側に凸面を向けた正メニスカスレンズと、少なくとも1面に非球面を有する単レンズと、負レンズと正レンズとの接合レンズとを有し、第2レンズ群と第3レンズ群との距離を t_{23} 、第3レンズ群の焦点距離を f_3 、全系の焦点距離を f としたときに下記(数28)及び(数29)を満たすことを特徴とする。

【0038】

【数28】 $0.6 < (t_{23}/f_3) < 1.1$

【数29】 $3.5 < (t_{23}/f) < 6.5$

【0039】また、上記目的を達成するために本発明にかかる第7の投写レンズは、空間光変調素子上に形成された光学像をスクリーン上に拡大投写する投写レンズであって、スクリーン側から順に、負パワーの第1レンズ群と、正パワーの第2レンズ群と、透明プリズムと、正パワーの第3レンズ群とを有し、第2レンズ群と第3レンズ群との距離を t_{23} 、第3レンズ群の焦点距離を f_3 、全系の焦点距離を f としたときに下記(数30)及び(数31)を満たすことを特徴とする。

【0040】

【数30】 $0.6 < (t_{23}/f_3) < 1.1$

【数31】 $3.5 < (t_{23}/f) < 6.5$

【0041】上記第1～第7の投写レンズは、第1レンズ群の焦点距離を f_1 、第2レンズ群の焦点距離を f_2 としたときに、更に下記(数32)、(数33)及び(数34)を満たすものであるのが好ましい態様である。

【0042】

【数32】 $0.3 < (f/f_1) < 1.5$

【数33】 $0.1 < (f/f_2) < 0.65$

【数34】 $0.1 < (f/f_3) < 0.3$

【0043】また、上記第1～第7の投写レンズは、Fナンバーを2.4以下、画角を40度以上とすることができ、更に、上記第1～第7の投写レンズにおいて、第3レンズ群は、スクリーン側に凸面を向けて配置されているのが好ましい。また、第1レンズ群及び第2レンズ群が、非球面を少なくとも1面有している態様であるのが好ましい。更に、射出側がテレセントリック系で構成されているのも好ましい態様である。

【0044】上記目的を達成するために本発明にかかる投写型表示装置は、上記第1～第7のいずれかの投写レンズと、光源と、光源から放射される光によって照明されて光学像を形成する空間光変調素子とを少なくとも有することを特徴とする。

【0045】また、本発明にかかる投写型表示装置は、光源からの光を青、緑、赤の3色に時間的に制限する手段を更に有し、空間光変調素子が、分離された光の種類に対応した光学像を形成する態様とすることもできる。

【0046】更に、上記目的を達成するために本発明にかかるリアプロジェクトは、上記第1又は第2の投写型表示装置と、上記第1又は第2の投写型表示装置を構成する投写レンズから投写された光を折り曲げるミラーと、投写された光を透過散乱させて表示するスクリーンとを少なくとも有することを特徴とする。

【0047】上記目的を達成するために、本発明にかかるマルチビジョンシステムは、上記第1又は第2の投写型表示装置と、各投写型表示装置毎に備えられた複数枚の透過型スクリーンと、前記各投写型表示装置毎に映像

信号を供給する映像信号供給手段とを少なくとも有し、映像信号供給手段は、一の画像の映像信号を分割し、前記各投写型表示装置毎に異なる分割された映像信号を供給する機能を有するものであることを特徴とする。

【0048】

【発明の実施の形態】(実施の形態1)以下、本発明の実施の形態1にかかる投写レンズについて、図面を参照しながら、その構成及び動作を説明する。

【0049】図1は本発明の実施の形態1にかかる投写レンズの概略構成を示す構成図である。図1では、投写レンズ107に加え、空間光変調素子106についても示している。空間光変調素子106は光源から出射した光を映像信号に応じて変調して光学像を形成するものであり、図1の例ではDMDである。そのため、図1はDMDを構成する微小ミラーの回転支軸に垂直に切断してなる断面で示されている。

【0050】図1に示すように、本実施の形態1にかかる投写レンズ107は、空間光変調素子106上に形成された光学像をスクリーン(図示せず)上に拡大投写するためのレンズである。投写レンズ107は、スクリーン側(図中左側)から順に、負パワーの第1レンズ群111と、正パワーの第2レンズ群112と、正パワーの第3レンズ群113とを備えている。第1レンズ群111の光軸、第2レンズ群112の光軸及び第3レンズ群113の光軸は一致している。117は一致した光軸を示している。図1において、108は照明光学系(図示せず)の出射瞳、109は投写レンズ107の入射瞳である。図1の例では、投写レンズ107は、その光軸117と空間光変調素子106の光軸115とが略一致するように配置されている。

【0051】照明光学系の出射瞳108から出射した光束110a、110b及び110cは、最初に第3レンズ群113に入射する。図1の例では、第3レンズ群113は凸面を空間光変調素子106側に向けた平凸レンズである。なお、図1では各光束は出射瞳108の上端から出射する上光線、出射瞳108の中心から出射する主光線、出射瞳108の下端から出射する下光線といった代表的な光線のみで示している。

【0052】第3レンズ群113に入射した光線は、第3レンズ群113によりそれぞれ光軸方向に進行方向を屈折される。これにより、第3レンズ群113を通過した光束110a、110b及び110cはそれぞれ主光線が互いに略並行で、空間光変調素子106の光軸115となす角度が約25度のテレセントリックな照明光となる。また、各光束の広がり角はいずれも略等しくなる。

【0053】図1の例において、空間光変調素子106の各微小ミラーはON状態では第3レンズ群113の光軸に垂直な面に対して反時計方向に10度傾くように構成されている。そのため、照明光がテレセントリックで

あるので、微小ミラーがON状態の場合、空間光変調素子106からの反射光114a、114b及び114cの主光線は、空間光変調素子106の表示領域のいずれにおいても、空間光変調素子106の光軸115に略平行で、テレセントリックとなる。空間光変調素子106からの出射光114a、114b及び114cはいずれも第3レンズ群113を通過し、投写レンズ107の入射瞳109に入射する。

【0054】また、本実施の形態1においては、図1に示すように、第2レンズ群112及び第3レンズ群113は、第3レンズ群113からの軸外主光線、即ち各光束114a、114b及び114cの主光線が第2レンズ群112の内部で投写レンズ107の光軸117と交わるように、配置されている。更に、各光束114a、114b及び114cの主光線は、空間光変調素子106側で光軸117に平行であるので、第3レンズ群113の焦点116を通ることになる。また、投写レンズ107は、第3レンズ群113の焦点面と投写レンズ107の入射瞳109とが一致するように構成されている。このため、投写レンズ107によれば、第2レンズ群112で周辺光が通過できずにけられるのを抑制でき、投写画像は最大の明るさを得ることができる。

【0055】上述したように投写レンズ107において、第1レンズ群111は負のパワーを有しており、一方、第2レンズ群112は正のパワーを有している。このため、第1レンズ群111と第2レンズ群112とでレトロフォーカス型レンズが構成されている。よって、短い投写距離で画像を投影できる広角化、短焦点距離化に対応することができる。

【0056】また、本実施の形態1にかかる投写レンズ107は、第2レンズ群112と第3レンズ群113との距離を t_{23} 、第3レンズ群113の焦点距離を f_3 とすると、下記(数35)を満たすように構成されている。

【0057】〔数35〕

$$0.6 < (t_{23}/f_3) < 1.1$$

【0058】ここで上記(数35)の数値範囲を上記のように設定したのは、 (t_{23}/f_3) が0.6を下回ると投写レンズ107の入射瞳109の位置が第1レンズ群111側に移動し、不要光の入射する機会が多くなり、コントラストが低下するからである。また (t_{23}/f_3) が1.1を上回ると投写レンズ107の入射瞳109の位置、及び照明光学系の出射瞳108の位置が空間光変調素子106に近づき、第1レンズ群111で軸外光線が高い位置を通るためにコマ収差、歪曲収差が大きくなる上、各レンズ群の外形が著しく大型化するからである。

【0059】このように投写レンズ107を上記(数35)を満たすように構成することにより、第2レンズ群112と第3レンズ群113の間に大きな空気間隔を確

保できるため、従来のレトロフォーカス型の投写レンズにおいてバックフォーカス f_B を長くしたのと同様の効果を得る事が出来る。

【0060】一般にリアプロジェクタのセット奥行き的小型化には投写レンズの広角化がもっとも有効であり、最低でも半画角30度以上は必要であり、40度以上が望ましい。本実施の形態1においては、第1レンズ群111の焦点距離を f_1 、第2レンズ群112の焦点距離を f_2 とすると、投写レンズ107は、更に下記(数36)及び(数37)を満たすよう構成されている。

【0061】〔数36〕

$$0.3 < (f/f_1) < 1.5$$

【0062】〔数37〕

$$0.1 < (f/f_2) < 0.65$$

【0063】このため、本実施の形態1においては、投写レンズ107は、第1レンズ群111で強い負パワー、第2レンズ群112で強い正パワーを持つことができる。よって、投写レンズ107は、広い画角を持つレトロフォーカス形を構成でき、上記画角を容易に確保することができる。

【0064】ところで、空間光変調素子106からのON光は投写レンズ107に入射させるが、OFF光は光軸115に対して約-40度方向に出射する。このOFF光も同様に第3レンズ群113に入射するが、ライトバルブからのON光と出射方向が異なるため、第3レンズ群113の焦点面に近いが、投写光学系の入射瞳109とは異なる位置に集光する。このため、投写レンズ107の第2レンズ群112の最もスクリーンから離れた面の近傍に絞りを設けることで、不要光の入射を極力抑えることができる。

【0065】そのため、上記のように絞りを設け、同時に、投写レンズ107が投写レンズ全系の焦点距離を f としたときに下記(数38)を満たすように構成すれば、第3レンズ群113の焦点位置と、投写レンズ107の入射瞳が略一致するので、ON光のみを投写レンズに入射させるようにでき、コントラストの低下を抑制できる。

【0066】〔数38〕

$$3.5 < (t_{23}/f) < 6.5$$

【0067】ここで、上記(数38)の数値範囲を上記のように設定したのは、 (t_{23}/f) が3.5を下回ると、第2レンズ群112と第3レンズ群113との間に所望の空気間隔が取れないからであり、6.5を上回ると著しくレンズ系が大型化するからである。また、上記(数38)における (t_{23}/f) は、従来のレトロフォーカス型の投写レンズにおけるバックフォーカス比 (f_B/f) に相当するものであり、本実施の形態1にかかる投写レンズでは十分なバックフォーカス比 (f_B/f) を確保することもできる。

【0068】このように本実施の形態1にかかる投写レ

レンズ107によれば、照明光学系の出射瞳108からの光束と、空間光変調素子106から出射して投写レンズ107の入射瞳109に入射する光束とを分離でき、効率よく投影することができる。

【0069】また、投写レンズ107において、第3レンズ群113の焦点距離 f_3 は、空間光変調素子106の入射光と出射光とがなす角度、空間光変調素子106の入射光及び出射光のFナンバにあわせて適宜選択できるため、空間光変調素子の仕様、光学システムの仕様に応じて最適に選択でき、システム構成に柔軟に対応できる。

【0070】更に、投写レンズ107では、第1レンズ群111及び第2レンズ群112を複数の要素で構成することにより、それぞれの群で発生する収差を良好に抑制し、高い解像度を得ることができる。

【0071】また、正パワーを有する第3レンズ群113を空間光変調素子106の近傍に配置することで、像面でテレセントリック性を確保しつつ、第2レンズ群112に入射する軸外光線の高さを低くできる。これにより、小さいFナンバを実現しても、第2レンズ群を大きくすることが無く、又、軸外光線の光線高さを高くすることも無く、投写レンズを構成できる。また、軸外光線の高さを比較的低くできることで、各レンズ群のパワーを抑制でき、各レンズ群での収差の発生を抑制できる。これにより全体として、収差の発生が抑制された、小さいFナンバの投写レンズを得ることができる。なお、本実施の形態1にかかる投写レンズの具体例を後述の実施例1及び2に示す。

【0072】（実施の形態2）次に本発明の実施の形態2にかかる投写レンズについて、図面を参照しながら、その構成及び動作を説明する。

【0073】図6は本発明の実施の形態2にかかる投写レンズの概略構成を示す構成図であり、図6(a)は投写レンズ207全体を示し、図6(b)は投写レンズの入射瞳209を示している。なお、図6では、投写レンズ207に加え、空間光変調素子206についても示している。図7は空間光変調素子206における表示領域の中心部分を拡大して示す図であり、中心部分における光束の振る舞いが示されている。なお、本実施の形態2においても空間光変調素子はDMDであり、図6(a)及び図7はDMDを構成する微小ミラーの回転支軸に垂直に切断してなる断面で示されている。

【0074】図6(a)に示すように、本実施の形態2にかかる投写レンズ207も空間光変調素子206上に形成された光学像をスクリーン（図示せず）上に拡大投写するためのレンズである。投写レンズ207も実施の形態1と同様に、スクリーン側（図中左側）から順に、負パワーの第1レンズ群211と、正パワーの第2レンズ群212と、正パワーの第3レンズ群213とを備えている。また、第1レンズ群211の光軸、第2レンズ

群212の光軸及び第3レンズ群213の光軸は一致している。217は一致した光軸を示している。208は照明光学系の出射瞳である。

【0075】但し、本実施の形態2においては、実施の形態1と異なり、図6(b)に示すように絞り216が設けられている。絞り216は光軸217に対して偏心して配置されている。なお、本実施の形態2において、絞り216は円形状のものであるが、これに限定されるものではなく、例えば楕円形のような形状であっても良い。

【0076】図6の例では、投写レンズ207は、その光軸217と空間光変調素子206の光軸215とが略一致するように配置されている。第3レンズ群213は凸面を空間光変調素子206側に向けた平凸レンズである。

【0077】本実施の形態2においても、照明光学系の出射瞳208から出射した光束210a、210b及び210cは、最初に第3レンズ群213に入射し、第3レンズ群213によりそれぞれ光軸方向に進行方向を屈折される。これにより、第3レンズ群213を通過した光束210a、210b、210cは、それぞれ主光線が互いに略並行で、空間光変調素子の光軸215となす角度 β のテレセントリックな照明光となって、空間光変調素子206に入射し、反射される。また、このときも各光束の広がり角はいずれも略等しくなっている。

【0078】但し、本実施の形態2においては、上述したように絞り216が設けられており、投写レンズ207の入射瞳209は光軸217に対して偏心した位置にある。このため、照明光学系の出射瞳208は、空間光変調素子206からのON光が絞り216内を通るように配置されている。

【0079】また、図6に示すように本実施の形態2にかかる投写レンズ207においても、第1レンズ群211と第2レンズ群212とでレトロフォーカス型レンズが構成されており、短い投写距離で画像を投影できる広角化、短焦点距離化に対応することができる。

【0080】更に、本実施の形態2にかかる投写レンズ207においても、第2レンズ群212と第3レンズ群213の距離を t_{23} 、第3レンズ群213の焦点距離を f_3 、投写レンズ全系の焦点距離を f とすると、上記（数35）及び（数38）を満たすように構成されている。このため、実施の形態1と同様に、第2レンズ群212と第3レンズ群213との間に十分な空気間隔を確保しつつ、30度以上の半面角、好ましくは40度以上の半面角を確保することもできる。また、実施の形態1と同様に、不要光の入射を抑制することもできる。

【0081】次に、第2レンズ群212に設けられた絞り216について図7に基づいて説明する。図7において218は、照明光学系の出射瞳208から空間光変調素子206に入射する光束の主光線を示している。20

6aはON状態の空間光変調素子を示し、206bはOFF状態の空間光変調素子を示している。

【0082】空間光変調素子206がON状態であるときの微少ミラーの法線219と空間光変調素子206の表示領域の法線（空間光変調素子の光軸）215とがなす角を γ とする。このとき、ON状態の空間光変調素子206から出射される光束の主光線222と空間光変調素子の表示領域の法線（空間光変調素子の光軸）215とのなす角 α は下記（数39）であらわされる。

【0083】[数39]

$$\alpha = \beta - \gamma$$

【0084】一方、空間光変調素子206がOFF状態のときに射出される光束の主光線223と空間光変調素子206の表示領域の法線215とがなす角を δ とすると、 δ は下記（数40）であらわされる。

【0085】[数40]

$$\delta = 4\gamma + \alpha$$

【0086】ところで、投写画像の画質を向上するには、不要光が投写レンズ207の入射瞳209に入射し、レンズの内部で迷光が発生したり、不要光がスクリーンに到達したりしないようにすることが必要である。従って、上記（数40）から、角度 α を0以上とすることで、 δ が大きくなり、投写光学系の入射瞳209に遠くなり、不要光が入射するのを抑制できることが分かる。

【0087】また、空間光変調素子206であるDMDの表面には透明基板が設けられており、この透明基板で反射される光も不要光となるが、この不要光の主光線224と空間光変調素子の光軸215とがなす角も β となる。よって、角度 α を0度以上とすることで、該不要光の主光線（光軸）224と空間光変調素子の光軸215とがなす角 β も大きくなり、該不要光が入射瞳209に入射するのも抑制できる。

【0088】さらに、空間光変調素子206であるDMDの表示領域は、画素構造など周期構造をもつ。投写画像で高精細化が進むにつれ、空間光変調素子206上の画素はその大きさが細くなり、周期構造のピッチも細くなる。周期構造をもつ物体に光が入射すると通常の直進する光線の他に、回折光が発生する。回折光はその強度が離散的に発生し、その輝点は下記（数41）を満たす。なお、 θ は光軸224と輝点とのなす角度、 N は整数、 λ は波長、 d は周期構造のピッチである。

【0089】[数41]

$$n\lambda = d \sin \theta$$

【0090】従って、図7から分かるように、空間光変調素子206からは、回折光が光軸224に対して、上記（数41）を満たす条件で離散的に発生しているといえる。回折光で最も強度の強いものは、1次の項で表されるもので、光軸224と1次回折光225のなす角 ϕ は下記（数42）であらわされる。

【0091】[数42]

$$\sin \phi = \lambda / (nd)$$

【0092】一方、図7から β は下記（数43）の関係を満たすことは明らかである。なお、 θ_1 は空間光変調素子206で反射されて入射瞳209に入射する光の広がり角である。

【0093】[数43]

$$\beta = 2\theta_1 + 2\alpha$$

【0094】従って、上記（数43）より、ライトバルブ206の周期構造による1次回折光と、ライトバルブのON光が重ならないように、即ち不要光が投写光学系の入射瞳209に入射しないようにするには α が正であればよい。

【0095】このとき、投写レンズ207に入射する光束は、出射光が α だけ傾かないときに必要な入射瞳209の領域220に対して図中上方向にシフトし、投写レンズの入射瞳209においては領域221が有効領域となる。このため、図6(b)でも示したように、領域221以外の領域には不要光が通過しないように絞り216が設けられている。よって、投写レンズ207を用いることで、スクリーンには空間光変調素子206から射出する反射光をすべて到達させるとともに、回折、表面反射などによる不要光成分を除去することができる。また、この場合、入射瞳209は図7で示すように領域221を包含できるものであるのが良く、投写レンズ207のFナンバー1としては、下記（数44）を満たすものが必要となる。

【0096】[数44]

$$F1 = 1 / (2 \sin (\theta_1 + \alpha))$$

【0097】例えば、空間光変調素子206の画素ピッチが $14 \mu m$ 程度である場合、1次回折光は光軸に対して2.4度方向に発生する。従って、入射瞳209も2.4度(= α)傾けることが望ましい。微少ミラーの傾き角が ± 12 度である場合、偏心の無い場合($\alpha = 0$ 度)には必要な投写光学系のFナンバーは上記（数44）から約2.4となるが、2.4度傾けた場合は約2.0以下のFナンバーが必要とされる。

【0098】なお、上記の例においては、空間光変調素子20を構成する微小ミラーの傾き角を12度として、光学系を配置しており、又偏心させているが、本実施の形態2はこれに限定されるものではない。微小ミラーの傾き角は、使用される空間光変調素子の特性に応じて最適な光出力と高いコントラストが得られるように設定してやればよい。

【0099】また、このように投写光学系に偏心した絞り216が設けられているため、絞りが設けられているレンズまたはレンズ群を回転させ、この回転によって前後に焦点調整を行うのは好ましくない。従って、本実施の形態2においては、投写光学系の焦点調整手段としては、レンズ群を回転させることなく光軸方向への移動の

みによって焦点調整を行うものが好ましく、特にレンズ群の一部、例えば前群のみを移動させて焦点調整を行うものが好ましい。具体的には、前進ヘリコイドを用いた焦点調整手段が挙げられる。なお、偏心した絞りが設けられていないレンズ群のみを回転させて焦点調整を行うのであれば、このような焦点調整手段を用いるのも好ましい態様である。

【0100】このように、本実施の形態2にかかる投写レンズによっても、実施の形態1にかかる投写レンズと同様の効果を得ることができる。また、本実施の形態2にかかる投写レンズによれば、更に不要光の低減という効果をも得ることができ、より画質の向上が図られた投写画像を得ることができる。なお、本実施の形態2にかかる投写レンズの具体例を後述の実施例3及び4に示す。

【0101】(実施の形態3)次に本発明の実施の形態3にかかる投写レンズについて、図面を参照しながら、その構成及び動作を説明する。図12は本発明の実施の形態3にかかる投写レンズの構成図である。

【0102】図12に示すように、本実施の形態3にかかる投写レンズも空間光変調素子(図示せず)上に形成された光学像をスクリーン(図示せず)上に拡大投写するためのレンズである。本実施の形態3にかかる投写レンズは、スクリーン側(図中左側)から順に、負パワーの第1レンズ群301と、正パワーの第2レンズ群302と、第2レンズ群302に配置された絞り320と、正パワーの第3レンズ群303とを備えている。

【0103】第1レンズ群301は、スクリーン側より順に配置された、負レンズ304と、色収差や歪曲収差補正用の正レンズ305と、歪曲収差補正用の非球面レンズ306と、負レンズ307とで構成されている。このため、第1レンズ群301は、強い負のパワーを持ち、軸上光線を大きく跳ね上げて、バックフォーカスを確保することができる。また、第1レンズ群301は投写レンズの入射瞳(図示せず)を前進させて大きな開口効率を実現する。更に、第1レンズ群301は全体として強い負パワーを有しているが、第1のレンズ群301には正パワーを有するレンズと負パワーを有するレンズとが組み合わせられており、これによりペッツバル和の補正が行なわれている。

【0104】第2レンズ群302は、スクリーン側から順に配置された、屈折率が低くアッベ数の大きい負レンズ308と屈折率が高くアッベ数の小さい正レンズ309との接合レンズと、少なくとも1面に非球面を有する単レンズ310と、屈折率が低くアッベ数の大きい正レンズ311と屈折率が高くアッベ数の小さい負レンズ312との接合レンズと、少なくとも1面に非球面を有する単レンズ313と、屈折率が高くアッベ数の小さい負レンズ314と屈折率が低くアッベ数の大きい正レンズ315との接合レンズと、屈折率が低くアッベ数の大き

い正レンズ316とで構成されている。このうち、単レンズ310及び単レンズ313とはプラスチックレンズである。

【0105】ところで、一般に、広角かつ大口径で、長いバックフォーカスを持つといった相反し難い条件を、レンズ形を複雑にすることなく実現するには、非球面レンズを用いることが有効である。このとき、非球面レンズとして、屈折力の強いガラスで成形されたレンズを用いるとコストアップを招いてしまう。このため、比較的安価に作成できるプラスチックレンズを用いることが有効である。

【0106】しかしながら、プラスチックレンズは温度変化に伴う焦点位置の変化や結像性能の劣化(以下「温度ドリフト」と総称する。)を招くという欠点がある。この問題を解決するため、プラスチックの非球面レンズを用いる場合は、該非球面レンズにはあまり屈折力を持たさないような設計を行う。

【0107】ところが、屈折力なしに構成するとレンズ枚数が増えるという問題があり、性能を確保しつつ温度ドリフトを抑制するために、複数のプラスチックレンズの温度変化による特性変動が相互にキャンセルされる構成とすることが望まれる。

【0108】このため、本実施の形態3にかかる投写レンズの第2レンズ群においては、図12に示すように各接合レンズの間に、非球面を有するプラスチックレンズ(単レンズ310及び単レンズ313)を配置することで、各エレメントでの温度ドリフトをキャンセルさせ、温度ドリフトの影響を最小限に抑制している。

【0109】また、第2レンズ群302においては、非球面を有する単レンズ310及び313を備えているため、レンズ系が非対称であるため発生するコマ収差及び歪曲収差の補正を行うこともできる。

【0110】更に、第2レンズ群302は上述したように複数の接合レンズを有しており、第2レンズ群302のスクリーン側に配置された接合レンズ(負レンズ308と正レンズ309との接合レンズ)は、軸外光の主光線高さが高いので、倍率色収差補正といった軸外結像特性の補正に有効である。また、空間光変調素子側ではFナンバー光線が高くなるので、接合レンズ(負レンズ314と正レンズ315との接合レンズ)は軸上色収差補正といった軸上特性の補正に有効である。このように、本実施の形態3においては、第2レンズ群302は、色収差への影響の抑制を図りつつ、温度ドリフトをキャンセルしあう構成にすることができる。

【0111】本実施の形態3にかかる投写レンズにおいても、第2レンズ群302と第3レンズ群303の距離を t_{23} 、第3レンズ群303の焦点距離を f_3 、投写レンズ全系の焦点距離を f とすると、上記(数35)及び(数38)を満たすように構成されている。このため、本実施の形態3にかかる投写レンズにおいても、実

施の形態1と同様に、第2レンズ群302と第3レンズ群303との間に十分な空気間隔を確保しつつ、30度以上の半面角、好ましくは40度以上の半面角を確保することもできる。また、実施の形態1と同様に、不要光の入射を抑制することもできる。

【0112】このように、本実施の形態3によれば、実施の形態1と同様に、半面角40度以上の広角を確保しつつ、長いバックフォーカスとテレセントリック性とを満足することができる。また、本実施の形態3においては、これに加え、歪曲収差や倍率の色収差といった他諸収差をバランスよく補正でき、且つ、温度変化による特性変動の抑制も図ることができる。なお、本実施の形態3にかかる投写レンズの具体例を後述の実施例5に示す。

【0113】(実施の形態4)次に本発明の実施の形態4にかかる投写レンズについて、図面を参照しながら、その構成及び動作を説明する。図14は本発明の実施の形態4にかかる投写レンズの構成図である。

【0114】図14に示すように、本実施の形態4にかかる投写レンズも空間光変調素子(図示せず)上に形成された光学像をスクリーン(図示せず)上に拡大投写するためのレンズである。本実施の形態4にかかる投写レンズは、スクリーン側(図中左側)から順に、負パワーの第1レンズ群401と、正パワーの第2レンズ群402と、正パワーの第3レンズ群403とを備えている。

【0115】第1レンズ群401は、スクリーン側より順に配置された、スクリーン側に凸面を向けた負メニスカスレンズ401a及び401bと、色収差や歪曲収差の補正用の正レンズ401cと、歪曲収差補正用の非球面負レンズ401dと、負レンズ401eと正レンズ401fとの接合レンズとで構成されている。

【0116】このため、第1レンズ群401は強い負のパワーを持ち、軸上光線を大きく跳ね上げて、バックフォーカスを確保する。また、投写レンズの入射瞳を前進させて大きな開口効率を実現する。更に、第1レンズ群401は全体として強い負パワーを有しているが、第1のレンズ群401には正パワーを有するレンズと負パワーを有するレンズとが組み合わせられており、これによりペッツバル和の補正が行なわれている。

【0117】第2レンズ群402は、スクリーン側より順に配置された、スクリーン側に凸面を向けた1枚の正レンズ402aを含む第4レンズ群404と、少なくとも1面に非球面を有する単レンズ402bと、負レンズ402cと正レンズ402dとの接合レンズを含む第5レンズ群407と、更に正レンズ402eとで構成されている。このため、第2レンズ群402は正のパワーを持ち、軸上収差の補正を実現する。

【0118】なお、図14の例では、第4レンズ群404は正レンズ402aのみで構成されており、第5レンズ群407は負レンズ402cと正レンズ402dとの

接合レンズのみで構成されている。また、第2レンズ群402は、第4レンズ群404と第5レンズ群407との間の空気間隔406(d13)が、第2レンズ群における最大の空気間隔となるように構成されている。

【0119】第3レンズ群403は1枚の平凸レンズで構成されており、スクリーン側に平面を向け、空間光変調素子側に凸面を向けて配置されている。また、本実施の形態4にかかる投写レンズには、絞り405が設けられている。絞り405は第2レンズ群402の内部に配置されている。

【0120】ここで、本実施の形態4にかかる投写レンズにおいて、各レンズの配置は絞りを中心に非対称型に配置されている。このためコマ収差、歪曲収差が大きく発生する。しかし、本実施の形態4にかかる投写レンズにおいては、第2レンズ群402の先頭に正レンズ402aを配置することで、軸上点からの光線の光束は、第1レンズ群401で広げられた後、第2レンズ群402の正レンズ402aによりいったん収束され、更に非球面を有する単レンズ402b及び第5レンズ群407により広げられ、正レンズ402eにより収束する。これによりペッツバル和が改善され、像面湾曲、コマ収差が良好に補正される。

【0121】更に、軸外光線は第1レンズ群401により強く曲げられた後、光軸となす角が緩やかになり、負の歪曲を発生させる。しかし、軸外光線は、第2レンズ群402の正レンズ402aを通過するため、主光線の傾き角が大きくなって歪曲の低減が図られるとともに、第2レンズ群402の後群のパワーを比較的小さくできるため、本実施の形態4にかかる投写レンズにおいては諸収差を良好に補正できる。

【0122】ここで、第1レンズ群401は全体として負パワーを有し、軸上光線の光線高はライトバルブに近づくにつれて次第に高くなっている。よって、第2レンズ群402の最もスクリーン側では軸上Fナンバ光線の光線高は比較的高く、この位置に正パワーを有するレンズ群404を設けることで、軸上Fナンバ光束を収束させ、軸上光の球面収差を良好に補正できる。この場合、更に軸外光線に対しても周辺光束を正パワーで収束させることができ、コマ収差を良好に補正することができる。

【0123】一方で、第4レンズ群404は、第2レンズ群402の最もスクリーン側であって、第2レンズ群402の中では軸外主光線高が最も高いところに位置している。よって、この位置に正パワーを付加すれば、軸外主光線に対し、歪曲収差補正及び倍率色収差補正の効果を付与できる。この場合、絞り405の位置からスクリーン側に近づけるほど、その補正効果は大きくなる。

【0124】従って、単レンズ402aと単レンズ402bとの間の空気間隔406(d13)は、上記2種の効果を合わせ持つように、他のレンズ間の空気間隔より

も比較的大きくなるように設定するのが良い。

【0125】また、本実施の形態4にかかる投写レンズにおいても、第2レンズ群402と第3レンズ群403の距離を t_{23} 、第3レンズ群403の焦点距離を f_3 、投写レンズ全系の焦点距離を f とすると、上記(数35)及び(数38)を満たすように構成されている。このため、本実施の形態4にかかる投写レンズにおいても、実施の形態1と同様に、第2レンズ群402と第3レンズ群403との間に十分な空気間隔を確保しつつ、30度以上の半画角、好ましくは40度以上の半画角を確保することもできる。また、実施の形態1と同様に、不要光の入射を抑制することもできる。

【0126】このように、本実施の形態4によれば、実施の形態1と同様に、半画角43度以上の広角を確保しつつ、長いバックフォーカスとテレセントリック性とを満足することができる。更に、本実施の形態4においては、歪曲収差やコマ収差等の諸収差をバランスよく補正することもできる。なお、本実施の形態4にかかる投写レンズの具体例を後述の実施例6及び実施例7に示す。

【0127】(実施の形態5)次に本発明の実施の形態5にかかる投写レンズについて、図面を参照しながら、その構成及び動作を説明する。図18は本発明の実施の形態5にかかる投写レンズの構成図である。

【0128】図18に示すように、本実施の形態5にかかる投写レンズも空間光変調素子(図示せず)上に形成された光学像をスクリーン(図示せず)上に拡大投写するためのレンズである。本実施の形態5にかかる投写レンズは、スクリーン側(図中左側)から順に、負パワーの第1レンズ群501と、正パワーの第2レンズ群512と、第2レンズ群512に配置された絞り515と、正パワーの第3レンズ群513とを備えている。

【0129】第1レンズ群501は、スクリーン側より順に配置された、スクリーン側に凸面を向け、非球面を有する第1の負メニスカスレンズ502と、両レンズ面が凹面のレンズ(両凹レンズ)503と、スクリーン側に凸面を向けた第2の負メニスカスレンズ504と、負レンズ505と正レンズ506との接合レンズとで、構成されている。

【0130】このため、第1レンズ群501は、強い負のパワーを持ち、軸上光線を大きく跳ね上げて、バックフォーカスを確保する。また、投写レンズの入射瞳を前進させて大きな開口効率を実現する。さらに第1レンズ群501においてはペッツバル和による補正が行われている。

【0131】第2レンズ群512は、スクリーン側より順に配置された、スクリーン側に凸面を向けた正メニスカスレンズ507と、少なくとも1面に非球面を有する単レンズ508と、負レンズ509と正レンズ510との接合レンズと、正レンズ511とで構成されている。

また、第2レンズ群512は、正メニスカスレンズ507と単レンズ508との間の空気間隔514(d_{11})が、第2レンズ群512における最大の空気間隔となるように構成されている。

【0132】第3レンズ群513は、実施の形態1から4までと同様に、1枚の平凸レンズで構成されている。但し、本実施の形態5においては、第3レンズ群513は空間光変調素子側に平面を向け、スクリーン側に凸面を向けて配置されている。このため、第2レンズ群512と第3レンズ群513と間において斜め方向から照明光を入射させた場合に、照明光が画面の個別場所によって、照明ムラを発生させるのを抑制することができる。

【0133】また、絞り515は、第2レンズ群512における空間光変調素子側に配置されている。このため、本実施の形態5にかかる投写レンズにおいて、各レンズの配置は絞りを中心に非対称型の配置になる。よって、本実施の形態5にかかる投写レンズにおいても、コマ収差、歪曲収差が大きく発生すると考えられる。

【0134】ところで、第1レンズ群501の負のパワーは、主に両凹レンズ503により発生される。そのため、第1の負メニスカスレンズ502には、両凹レンズ503で不足するパワーを光線高さによって補いつつ、歪曲を補正できるよう、一様で無いパワーが要求される。図18の例では、第1の負メニスカスレンズ502は、スクリーン側に凸面を向けた負のパワーを持つメニスカスの非球面レンズであり、周辺部でそのパワーは緩くなる。このため、第1の負メニスカスレンズ502により、歪曲収差の発生を低減しつつ、軸外主光線を大きく光軸方向に曲げることが可能となる。

【0135】また、第1のレンズ群501において第2の負メニスカスレンズ504は歪曲収差補正及びペッツバル和の補正に有効であり、負レンズ505と正レンズ506との接合レンズは倍率色収差の低減に有効である。

【0136】また、第2レンズ群512は、図14に示した第2レンズ群402(実施の形態4)と同様に構成されている。このため、軸上点からの光線の光束は、第1レンズ群501で広げられた後、正メニスカスレンズ507によりいったん収束され、更に非球面を有する単レンズ508及び負レンズ509と正レンズ510との接合レンズにより広げられ、正レンズ511により収束する。これによりペッツバル和が改善され、像面湾曲、コマ収差が良好に補正される。

【0137】また、実施の形態4と同様に、第1レンズ群501は全体として強い負パワーを有し、軸上光線の光線高はライトバルブに近づくにつれて次第に高くなっている。従って、第2レンズ群512の最もスクリーン側では軸上Fナンバ光線の光線高は比較的高く、この位置に正パワーを有する正メニスカスレンズ507を設けることで、軸上Fナンバ光束を収束させ、軸上光の球面

収差を良好に補正できる。この場合、更に軸外光線に対しても周辺光束を正パワーで収束させることができ、コマ収差を良好に補正することができる。

【0138】一方で、正メニスカスレンズ507は、第2レンズ群512の最もスクリーン側であって、第2レンズ群512の中では軸外主光線高が最も高いところに位置している。よって、この位置に正パワーを付加すれば、軸外主光線に対し、歪曲収差補正及び倍率色収差補正の効果を付与できる。この場合、絞り515の位置からスクリーン側に近づけるほど、その補正効果は大きくなる。

【0139】従って、本実施の形態5においても、実施の形態4と同様に、正メニスカスレンズ507と単レンズ508との間の空気間隔514 (d11) は、上記二種の効果を併せ持つよう、他のレンズ間の空気間隔よりも比較的大きくなるように設定するのが良い。

【0140】また、本実施の形態5にかかる投写レンズにおいても、第2レンズ群512と第3レンズ群513の距離を t_{23} 、第3レンズ群513の焦点距離を f_3 、投写レンズ全系の焦点距離を f とすると、上記(数35)及び(数38)を満たすように構成されている。このため、本実施の形態5にかかる投写レンズにおいても、実施の形態1と同様に、第2レンズ群512と第3レンズ群513との間に十分な空気間隔を確保しつつ、30度以上の半画角、好ましくは40度以上の半画角を確保することもできる。また、実施の形態1と同様に、不要光の入射を抑制することもできる。

【0141】このように、本実施の形態5によれば、実施の形態1と同様に、半画角43.6度以上の広角を確保しつつ、長いバックフォーカスとテレセントリック性とを満足することができる。更に、本実施の形態5においては、歪曲収差、コマ収差、倍率色収差、像面湾曲等の諸収差をバランスよく補正することもできる。なお、本実施の形態5にかかる投写レンズの具体例を後述の実施例8、9及び10に示す。

【0142】(実施の形態6) 次に本発明の実施の形態6にかかる投写レンズについて、図面を参照しながら、その構成及び動作を説明する。図24は本発明の実施の形態6にかかる投写レンズの構成図である。

【0143】図24に示すように、本実施の形態6にかかる投写レンズも空間光変調素子(図示せず)上に形成された光学像をスクリーン(図示せず)上に拡大投写するためのレンズである。本実施の形態6においても、投写レンズは、スクリーン側(図中左側)から順に、負パワーの第1レンズ群601と、正パワーの第2レンズ群602と、第2レンズ群602の内部に配置された絞り615と、正パワーの第3レンズ群603とを備えている。

【0144】但し、上記した実施の形態1～5と異なり、第1レンズ群601と第2レンズ群602との間の

空気間隔に、光路を折り曲げる機能を有するミラー手段608が配置されている。ミラー手段608は、投写レンズの内部に配置されており、投写レンズの光軸を折り曲げることができる。このため、本実施の形態6にかかる投写レンズによれば、空間光変調素子の光軸とは異なる方向に投写画像を投影することができる。

【0145】よって、本実施の形態6にかかる投写レンズを組み込んで投写型表示装置を構成すれば、構成の自由度を高めることができる。更に、この場合、投写レンズ自体を折り曲げることによって、投写器の占有体積を小さくでき、セット本体をコンパクトに構成することができる。

【0146】第1レンズ群601は、スクリーン側より順に配置された、スクリーン側に凸面を向けた第1の負メニスカスレンズ604と、負レンズ605と、空間光変調素子側に凸面を向けた正レンズ606と、スクリーン側に凸面を向けた第2の負メニスカスレンズ607とで構成されている。このため、第1のレンズ601は、軸上光線を大きく跳ね上げて、バックフォーカスを確保する。また、投写レンズの入射瞳を前進させて大きな開口効率を実現する。さらに第1のレンズ群601においてはベッツバル和による補正が行われている。

【0147】また、第1レンズ群601においては、第1の負メニスカスレンズ604により歪曲収差の補正が行われ、正レンズ606により色収差や歪曲収差の補正が行われている。また、負レンズ605により、強い負パワーが発生する。

【0148】第2のレンズ群602は、スクリーン側より順に配置された、スクリーン側に凸面を向けた正メニスカスレンズ609と、少なくとも1面に非球面を有する単レンズ610と、負レンズ611と正レンズ612との接合レンズと、正レンズ613とで構成されている。また、第2レンズ群602は、正メニスカスレンズ609と単レンズ610との間の空気間隔614 (d10) が、第2レンズ群602における最大の空気間隔となるように構成されている。

【0149】第3レンズ群603は、1枚の平凸レンズで構成されており、実施の形態5と同様に空間光変調素子側に平面を向け、スクリーン側に凸面を向けて配置されている。また、絞り615は、第2レンズ群602において空間光変調素子側に配置されている。

【0150】本実施の形態6においては、投写レンズの空間光変調素子側の入射瞳の位置は第2レンズ群602の空間光変調素子側に位置しており、投写レンズは後絞り形状となる。このため、投写レンズのスクリーン側の出射瞳の位置も投写レンズ内部に入り込む形となり、広角になるほど投写レンズ前玉は大きくなりやすい傾向にある。さらに、投写レンズ内にミラー手段608を配置した構成であるため、第1レンズ群601と第2レンズ群602との間の空間距離が非常に大きく、それによ

ても前玉が大きくなりやすい傾向にある。

【0151】しかしながら、本実施の形態6にかかる投写レンズでは、第2レンズ群602の最もスクリーン側に配置された正メニスカスレンズ609により、空間光変調素子から出射した光線の軸外光線が光軸方向曲げられるため、第1レンズ群601の最も空間光変調素子側に位置する第2の負メニスカスレンズ607の有効径と、第2レンズ群602のもっともスクリーン側の正メニスカスレンズ609の有効径とは大きく異なるため、周辺まで明るい光学系を構成できる。

【0152】更に、各レンズの配置は絞りを中心に非対称型に配置されているため、本実施の形態6にかかる投写レンズでは、コマ収差、歪曲収差が大きく発生すると考えられる。しかし、第2レンズ群602は、図14に示した第2レンズ群402と同様に構成されている。このため、軸上点からの光線の光束は、第1レンズ群601で広げられた後、第2レンズ群の正メニスカスレンズ609によりいったん収束され、更に非球面を有する単レンズ610及び負レンズ611と正レンズ612との接合レンズにより広げられ、正レンズ613により収束する。これによりペッツバル和が改善され、像面湾曲、コマ収差が良好に補正される。

【0153】また、実施の形態4と同様に、第1レンズ群601は全体として強い負パワーを有し、軸上光線の光線高はライトバルブに近づくにつれて次第に高くなっている。従って、第2レンズ群602の最もスクリーン側では軸上Fナンバ光線高は比較的高く、この位置に正パワーを有する正メニスカスレンズ609を設けることで、軸上Fナンバ光束を収束させ、軸上光の球面収差を良好に補正する。この場合、更に軸外光線に対しても周辺光束を正パワーで収束させることができ、コマ収差を良好に補正することができる。

【0154】一方で、正メニスカスレンズ609は、第2レンズ群602の最もスクリーン側であって、第2レンズ群602の中では軸外主光線高が最も高いところに位置している。よって、この位置に正パワーを付加すれば、軸外主光線に対し、歪曲収差補正及び倍率色収差補正の効果を付与できる。この場合、絞り615の位置からスクリーン側に近づけるほど、その補正効果は大きくなる。

【0155】従って、本実施の形態6においても、実施の形態4と同様に、正メニスカスレンズ609と単レンズ610との間の空気間隔614 (d10) は、上記二種の効果を併せ持つよう、他のレンズ間の空気間隔よりも比較的大きくなるように設定するのが良い。

【0156】また、本実施の形態6にかかる投写レンズにおいても、第2レンズ群602と第3レンズ群603の距離を $m23$ 、第3レンズ群603の焦点距離を $f3$ 、投写レンズ全系の焦点距離を f とすると、上記(数35)及び(数38)を満たすように構成されている。

このため、本実施の形態6にかかる投写レンズにおいても、実施の形態1と同様に、第2レンズ群602と第3レンズ群603との間に十分な空気間隔を確保しつつ、30度以上の半画角、好ましくは40度以上の半画角を確保することもできる。また、実施の形態1と同様に、不要光の入射を抑制することもできる。

【0157】このように、本実施の形態6によれば、実施の形態1と同様に、半画角40度以上の広角を確保しつつ、長いバックフォーカスとテレセントリック性を満足することができる。更に、本実施の形態6においては、第1レンズ群601と第2レンズ群602との間にミラーを配置する空間を確保しながら、歪曲収差、コマ収差等の諸収差をバランスよく補正することもできる。なお、本実施の形態6にかかる投写レンズの具体例を後述の実施例11及び12に示す。

【0158】(実施の形態7)次に本発明の実施の形態7にかかる投写レンズについて、図面を参照しながら、その構成及び動作を説明する。図28は本発明の実施の形態7にかかる投写レンズの構成図である。

【0159】図28に示すように、本実施の形態7にかかる投写レンズも空間光変調素子(図示せず)上に形成された光学像をスクリーン(図示せず)上に拡大投写するためのレンズである。本実施の形態7においても、投写レンズは、スクリーン側(図中左側)から順に、負パワーの第1レンズ群701と、正パワーの第2レンズ群702と、正パワーの第3レンズ群703とを備えている。

【0160】但し、本実施の形態では、上記した実施の形態1~6と異なり、第2レンズ群702と第3レンズ群703との間に、透明プリズム704が備えられている。透明プリズム704は、その内部で光路を折り返すことができ、よって光変調素子の光軸と投写レンズの光軸とを角度を持って折り返すことができる。

【0161】このため、本実施の形態7にかかる投写レンズを組み込んで投写型表示装置を構成すれば、セット構成の自由度を拡大でき、セットの小型化を図ることができる。なお、図28に示す本実施の形態7においては、透明プリズム704としては1個のガラスプリズムが用いられているが、これに限定されるものではない。透明プリズム704として、複数のガラスプリズムからなる全反射プリズムを用いることもできる。

【0162】図28の例では、第1レンズ群701は、スクリーン側より順に配置された、スクリーン側に凸面を向けた負メニスカスレンズ705と、両レンズが凹面のレンズ(両凹レンズ)706と、空間光変調素子側に凸面を向けた正メニスカスレンズ707と、負レンズ708と正レンズ709との接合レンズとで構成されている。このうち負メニスカスレンズ705は非球面を有している。これにより、第1レンズ群701においては、歪曲収差の補正は、負メニスカスレンズ705と正メニ

スカスレンズ707とで行われ、色収差補正を負レンズ708と正レンズ709との接合レンズにより行う。

【0163】第1レンズ群701は、この構成により、強い負のパワーを持ち、軸上光線を大きく跳ね上げて、バックフォーカスを確保する。また、投写レンズの入射瞳を前進させて大きな開口効率を実現する。さらに、第1レンズ群701においてはペッツバル和による補正が行われている。

【0164】第2レンズ群702は、スクリーン側より順に配置された、スクリーン側に凸面を向けた正レンズ710と、非球面を持ったレンズ711と、負レンズ712と正レンズ713との接合レンズと、正レンズ714とで構成されている。このため第2レンズ群702は正のパワーを持ち、軸上収差の補正を実現する。

【0165】第3レンズ群703は、1枚の平凸レンズで構成されており、実施の形態5と同様に空間光変調素子側に平面を向け、スクリーン側に凸面を向けて配置されている。また、図28において図示していないが、絞りは第2レンズ群702における最も空間光変調素子側（図中右側）のレンズ面、即ち正レンズ714の空間光変調素子側のレンズ面に配置されている。このため、各レンズの配置は絞りを中心に非対称型に配置されており、本実施の形態7にかかる投写レンズにおいても、コマ収差、歪曲収差が大きく発生すると考えられる。

【0166】しかし、第2レンズ群702の先頭に正レンズ710が配置されているため、軸上点からの光線の光束は第1レンズ群701で広げられた後、第2レンズ群の正レンズ710によりいったん収束され、さらに非球面レンズ711及び負レンズ712と正レンズ713との接合レンズにより広げられ、正レンズ408により収束する。これによりペッツバル和が改善され、像面湾曲、コマ収差が良好に補正される。

【0167】また、本実施の形態7にかかる投写レンズにおいて、大きなガラスである透明プリズム704を通る間に発生する倍率色収差は、第1レンズ群701における負レンズ708と正レンズ709との接合レンズ、第3レンズ群703で発生する色収差により補正される。

【0168】なお、本実施の形態7においては、透明プリズム704は全反射プリズムであり、投写レンズは空間光変調素子上に形成された画像をライトバルブの光軸とは異なる方向に投影するのに用いられる。但し、透明プリズム704として、R、G、Bフィルタで構成されるクロスダイクロイックプリズムを用いれば、投写レンズは液晶3板式投写装置の一部として用いることができる。

【0169】また、本実施の形態7にかかる投写レンズにおいても、第2レンズ群702と第3レンズ群703の距離を t_{23} 、第3レンズ群703の焦点距離を f_3 、投写レンズ全系の焦点距離を f とすると、上記（数

35）及び（数38）を満たすように構成されている。このため、本実施の形態7にかかる投写レンズにおいても、実施の形態1と同様に、第2レンズ群702と第3レンズ群703との間に十分な空気間隔を確保しつつ、30度以上の半面角、好ましくは40度以上の半面角を確保することもできる。また、実施の形態1と同様に、不要光の入射を抑制することもできる。

【0170】このように、本実施の形態7によれば、実施の形態1と同様に、半面角40度以上の広角を確保しつつ、長いバックフォーカスとテレセントリック性とを満足することができる。更に、本実施の形態7においては、第2レンズ群702と第3レンズ群703との間にプリズムを配置する空間を確保しながら、歪曲収差、コマ収差等の諸収差をバランスよく補正することもできる。なお、本実施の形態7にかかる投写レンズの具体例を後述の実施例13に示す。

【0171】（実施の形態8）次に本発明の実施の形態8にかかる投写レンズについて、図面を参照しながら、その構成及び動作を説明する。図30は本発明の実施の形態8にかかる投写レンズの構成図である。

【0172】図30に示すように、本実施の形態8にかかる投写レンズも空間光変調素子（図示せず）上に形成された光学像をスクリーン（図示せず）上に拡大投写するためのレンズである。本実施の形態8にかかる投写レンズは、実施の形態1に準じたレンズであり、スクリーン側（図中左側）から順に、負パワーの第1レンズ群801と、正パワーの第2レンズ群802と、正パワーの第3レンズ群803とを備えている。

【0173】図30の例では、第1レンズ群801は、スクリーン側より順に配置された、スクリーン側に凸面を向けた第1の負メニスカスレンズ804と、第2の負メニスカスレンズ805と、正レンズ806と、第3の負メニスカスレンズ807と、負レンズ808と正レンズ809との接合レンズとで、構成されている。

【0174】このうち、第2の負メニスカスレンズ805は非球面を有している。従って、第1レンズ群801においては、歪曲収差の補正は、主に第2の負メニスカスレンズ805及び正レンズ806によって行われる。色収差の補正は、正レンズ806、及び負レンズ808と正レンズ809との接合レンズにより行われる。

【0175】また、第1レンズ群801は、この構成により、強い負のパワーを持ち、軸上光線を大きく跳ね上げて、バックフォーカスを確保する。また、投写レンズの入射瞳を前進させて大きな開口効率を実現する。さらに、第1レンズ群801においては、ペッツバル和による補正が行われている。

【0176】図30の例では、第2レンズ群802は、スクリーン側より順に配置された正レンズ810と負レンズ811との接合レンズと、メニスカスレンズ812と、負レンズ813と正レンズ814との接合レンズ

と、正レンズ815とで構成されている。このうち、メニスカスレンズ812は非球面を有している。

【0177】このため、第2レンズ群802は正のパワーを持ち、各収差の補正を実現する。第3レンズ群803は、1枚の正凸レンズで構成されており、実施の形態1と同様に平面をスクリーン側に向け、凸面を空間光変調素子側に向けて配置されている。

【0178】本実施の形態8にかかる投写レンズにおいても、第2レンズ群802と第3レンズ群803の距離を t_{23} 、第3レンズ群803の焦点距離を f_3 、投写レンズ全系の焦点距離を f とすると、上記(数35)及び(数38)を満たすように構成されている。このため、本実施の形態8にかかる投写レンズにおいても、実施の形態1と同様に、第2レンズ群802と第3レンズ群803との間に十分な空気間隔を確保しつつ、30度以上の半画角、好ましくは40度以上の半画角を確保することもできる。また、実施の形態1と同様に、不要光の入射を抑制することもできる。

【0179】本実施の形態8にかかる投写レンズでは、第1レンズ群801の焦点距離を f_1 、第2レンズ群802の焦点距離を f_2 、第3レンズ群803の焦点距離を f_3 とすると、下記(数45)、(数46)及び(数47)を満たすように構成されている。

【0180】[数45]

$$0.3 < (f/f_1) < 1.5$$

【0181】[数46]

$$0.1 < (f/f_2) < 0.65$$

【0182】[数47]

$$0.1 < (f/f_3) < 0.3$$

【0183】ここで、上記(数45)は第1レンズ群801の焦点距離 f_1 のレンズ全系の焦点距離 f に対する比であり、第1レンズ群のパワーに関する式である。上記(数45)において (f/f_1) が下限を越えると非点収差が補正過剰で補正できなくなる可能性があり、上限を越えるとバックフォーカスが確保できなくなる可能性がある。

【0184】上記(数46)は、第2レンズ群802の焦点距離 f_2 のレンズ全系の焦点距離 f に対する比であり、第2レンズ群802のパワーに関する式である。上記(数46)において (f/f_2) が下限を越えると拡大倍率を確保できなくなる可能性があり、上限を越えるとコマ収差、非点収差が補正できなくなる可能性がある。

【0185】上記(数47)は、第3レンズ群803の焦点距離 f_3 のレンズ全系の焦点距離 f に対する比であり、第3レンズ群803のパワーに関する式である。上記(数47)において (f/f_3) が下限を越えると周辺光量を確保出来なくなる可能性があり、上限を越えるとテレセントリック性を確保できなくなる可能性がある。

【0186】このように、本実施の形態8においては、上記(数45)、(数46)及び(数47)を更に満たすことにより、拡大倍率の確保、コマ収差及び非点収差の補正、周辺光量の確保、テレセントリック性の確保を確実に行うことができる。なお、本実施の形態8にかかる投写レンズの具体例を後述の実施例14、実施例15及び実施例16に示す。

【0187】ところで、上記実施の形態1～実施の形態8までにおいて、第3レンズ群は1枚の平凸レンズで形成されている。但し、本発明において第3レンズ群はこれに限定されるものではなく、一枚の両面に曲率を有する両凸レンズであっても良いし、メニスカスレンズであっても良い。また、第3レンズ群は複数枚のレンズで構成されたものであっても良い。なお、第3レンズ群が複数枚のレンズで構成された場合の上記(数35)の算出においては、焦点距離 f_3 として合成焦点距離を用い、 t_{23} として第3レンズ群の最もスクリーン側に配置されたレンズと第2レンズ群の最も空間光変調素子側に配置されたレンズとの距離を用いれば良い。

【0188】第3レンズ群が1枚の正凸レンズで構成される場合には、実施の形態5で示したように、曲率半径の小さい面をスクリーン側に向けることで、光軸に対して斜め方向から入射する照明光の不均一性を大幅に緩和して均一な照明を得ることができ、又照明光が第3レンズ群を通過する高さを小さく出来る。このため、かかる場合に曲率半径の小さい面をスクリーン側に向けることは、投写レンズ全体の外形の小型化、中心厚の薄型化に有効であり、更に投写レンズ全体の性能改善にも有効である。

【0189】(実施の形態9)次に本発明の実施の形態9にかかる投写型表示装置について図面を参照しながら説明する。図36は、本発明の実施の形態9にかかる投写型表示装置を示す構成図である。

【0190】図36に示すように、本実施の形態9にかかる投写型表示装置は、投写レンズ361と、空間光変調素子362と、光源363とを少なくとも備えている。空間光変調素子362は、光源363から放射される光によって照明されて光学像を形成するものである。投写レンズ361は、空間光変調素子362に形成された光学像を投写する。

【0191】図36の例では、投写レンズ361は実施の形態1で示した投写レンズである。また、図36の例では、空間光変調素子362はDMDではなく、透過型の液晶パネルである。364は、投写レンズ361で投写された映像のフォーカス面である。

【0192】このような構成により、本実施の形態9にかかる投写型表示装置において、空間光変調素子362上に形成された光学像は投写レンズ361によりフォーカス面364に拡大投写される。また、本実施の形態9においては、上述したように投写レンズ361は実施の

形態1で示したものであるため、球面収差、倍率色収差、コマ収差、及び歪曲収差等の諸収差を良好に抑制でき、更にテレセントリック性を確保し、小さいF値を実現したものである。よって、本実施の形態9によれば、明るく、解像度感の良好な拡大画像を得ることができる。

【0193】なお、本実施の形態9において投写レンズ361は実施の形態1で示したものに限定されず、実施の形態2～実施の形態8に示した投写レンズのうちのいずれかであっても良い。特に実施の形態2～5で示した投写レンズであれば、実施の形態1で示した投写レンズと同様に色にじみの少ない拡大映像を得ることができる。

【0194】本実施の形態9によれば、従来の投写型表示装置のような全反射プリズムを配置する必要が無く、コストを下げる事が可能となる。更に、空間光変調素子362に入射する光とそれから出射する光とは、光路を一部で共有しつつ、分離される。よって、従来の投射型表示装置の光学系のように光学系を大型化することなく、空間光変調素子362の光軸とスクリーンの光軸とが一致する正面投写が可能である。

【0195】(実施の形態10)次に本発明の実施の形態10にかかる投写型表示装置について図面を参照しながら説明する。図37は、本発明の実施の形態10に係わる投写型表示装置を示す構成図である。

【0196】図37に示すように、本実施の形態10にかかる投写型表示装置も、実施の形態9と同様に、投写レンズ371と、空間光変調素子372と光源374とを少なくとも備えている。但し、本実施の形態10にかかる投写型表示装置には、実施の形態9にかかる投写型表示装置と異なり、光源374からの光を時間単位で、青、緑、赤の3色に時間的に制限する手段373が備えられている。なお、光源374は白色光源である。

【0197】本実施の形態10では、光源374からの光を時間単位で、青、緑、赤の3色に時間的に制限する手段373として、カラーホイールが用いられている。カラーホイール373は、回転可能に構成された円盤状のカラーフィルタであり、円周上にRGB3色のフィルタが順に並べられている。カラーホイール373にはモータなどの原動機(図示せず)が取り付けられており、カラーホイール373は軸380を中心にして高速で回転する。

【0198】そのため、光源374からの光は、青、緑、赤の3色に一定時間ごとに分離され、各色毎に空間光変調素子372を照明する。また、空間光変調素子372はこの分離された光の種類ごとに、それに対応した光学像を形成するように構成されている。空間光変調素子372としては、DMDのようにON状態とOFF状態で光の進行方向を制御する素子が用いられている。

【0199】また、本実施の形態10にかかる投写型表

示装置には、光源からの光束を効率よく均一化するための照明系375が備えられている。本実施の形態10では、照明系375は、コンデンサレンズ376と、第1のレンズアレイ377と、第2のレンズアレイ378と、リレーレンズ379とを順に配置して構成されている。

【0200】カラーホイール373を通過した光はコンデンサレンズ376により略平行光に変換される。変換された略平行光は第1のレンズアレイ377に入射する。第1のレンズアレイ377は複数の正パワーのレンズ素子で構成されており、この複数の正パワーのレンズ素子はそれぞれ空間光変調素子372の表示領域の形状に略相似形の開口を有している。

【0201】また、第2のレンズアレイ378も第1のレンズアレイ377と同様に複数の正パワーのレンズ素子で構成されている。よって、第1のレンズアレイ377に入射した略平行光は、第1のレンズアレイ377を構成する複数のレンズ素子によって分割され、該レンズ素子に対応する第2のレンズアレイ378を構成する各レンズ素子に発光体像を形成する。

【0202】第2のレンズアレイ378を構成する各レンズ素子から出射した光線は、リレーレンズ379、投写レンズ371の第3レンズ群376を順に通過し、空間光変調素子372を照明する。このとき、各レンズ素子から出射した光線は空間光変調素子372の表示領域で重ね合わされる。空間光変調素子372から出射した光線は、投写レンズ371により、スクリーンに拡大投写される。

【0203】このように、本実施の形態10にかかる投写型表示装置を用いれば、空間光変調素子372に光の3原色を順次入射させることにより、フルカラーによる拡大投射を行うことができる。

【0204】また、本実施の形態10においても、投写レンズ371は、実施の形態1で示したものである。そのため実施の形態9と同様に、明るく、諸収差の補正された解像度の良好な拡大画像を得ることができる。なお、投写レンズ371は実施の形態1で示したものに限定されず、実施の形態2～実施の形態8に示した投写レンズのいずれかであっても良い。

【0205】本実施の形態10では、白色光源とカラーホイールを用いて、一定時間毎に青、緑、赤で空間光変調素子372を照明することでフルカラーによる拡大投写を実現しているが、これに限定されるものではない。例えば、光源として、青、緑、赤の単色を発光する光源であって、その各色の発光時間を一定時間毎に順次切り替え可能に構成されたものを用いてもフルカラーによる拡大投写を実現できる。このような光源の例としては、高輝度LEDを用いた光源や、レーザーなどが挙げられる。

【0206】(実施の形態11)次に、本実施の形態1

1にかかるリアプロジェクタについて図面を参照しながら説明する。図38は本発明の実施の形態11にかかるリアプロジェクタの構成図である。

【0207】図38に示すように、本実施の形態11にかかるリアプロジェクタは、投写型表示装置381と、投写型表示装置381を構成する投写レンズから投写された光を折り曲げるミラー382と、投写された光を透過散乱させて表示するスクリーン383とを少なくとも備えている。384は構成部品を収納するための筐体である。投写型表示装置381は実施の形態9又は10で示したものと同様のものである。

【0208】このため、投写型表示装置381から投写された映像は、ミラー382によって反射され、透過型スクリーン383に結像される。このように、本実施の形態11においては、ミラー382によって反射された拡大映像を透過型スクリーン383に映し出す構成としているため、セットの奥行きと高さを小さく抑えることができ、コンパクトなセットを実現できる。

【0209】また、上述したように、内部に設置する投写型表示装置381として実施の形態9又は10で示した投射型表示装置を用いているので、従来の投写型表示装置のような全反射プリズムを配置する必要が無く、コストを下げる事が可能となる。更に、空間光変調素子に入射する光とそれから出射する光とが、光路を一部で共有しつつ、分離されるので、従来の投射型表示装置の光学系のように光学系を大型化することなく、空間光変調素子の光軸とスクリーンの光軸とが一致する正面投写が可能である。

【0210】(実施の形態12)次に、本発明の実施の形態12にかかるマルチビジョンシステムについて図面を参照しながら説明する。図39は本発明の実施の形態12にかかるマルチビジョンシステムの構成図である。

【0211】図39に示すように、本実施の形態12にかかるマルチビジョンシステムは、複数の投写型表示装置391と、各投写型表示装置391毎に備えられた複数の透過型スクリーン392と、各投写型表示装置391毎に映像信号を供給する映像信号供給手段394とで構成されている。なお、393は、各投写型表示装置391とそれに対応する透過型スクリーン392とを収納するための筐体である。投写型表示装置392は実施の形態9又は10で示したものと同様のものである。

【0212】映像信号供給手段394は、一の画像の映像信号を分割し、各投写型表示装置391毎に異なる分割された映像信号を供給する機能を有している。この機能は、映像信号供給手段394に備えられた映像分割回路によって達成される。よって、本実施の形態12にかかるマルチビジョンシステムでは、一の画像の映像信号を映像分割回路によって加工分割して複数台の投写型表示装置391に送り、各投写型表示装置391から投写された映像を透過型スクリーン392に結像し、全体と

して1枚の画像を構成することができる。

【0213】このように本実施の形態12にかかるマルチビジョンシステムによれば、大画面でありながら、奥行き短いコンパクトなセットを実現できる。また、上述したように、内部に設置する投写型表示装置391として実施の形態9又は10で示した投射型表示装置を用いているので、従来の投写型表示装置のような全反射プリズムを配置する必要が無く、コストを下げる事が可能となる。更に、空間光変調素子に入射する光とそれから出射する光とが、光路を一部で共有しつつ、分離されるので、従来の投射型表示装置の光学系のように光学系を大型化することなく、空間光変調素子の光軸とスクリーンの光軸とが一致する正面投写が可能である。

【0214】また、本実施の形態12にかかるマルチビジョンシステムにおいては、映像信号供給手段394は、各投写型表示装置391に異なる画像の映像信号を供給することもできる。このため、各透過型スクリーン392上に表示される画像をそれぞれ異なるもので、多様な情報を同時に表示することもできる。

【0215】本実施の形態12にかかるマルチビジョンシステムは、各筐体393に点灯開始時の光出力や色再現性を検知するためのセンサを取り付けた態様とすることもできる。この態様とすることにより、映像信号供給手段394は、点灯開始時の光出力、色再現性に応じて、各投写型表示装置391に分配する信号の輝度、色度を加工することができる。これにより、複数枚の透過型スクリーン392で構成された大画面においても、画面全体において均一性の高い表示を得ることができる。

【0216】

【実施例】(実施例1)図2は実施例1にかかる投写レンズの構成図である。図2において用いられている符号のうち図1でも用いられているものは、図1と同様のものを示している。本実施例1にかかる投写レンズは実施の形態1に基いて作製されている。本実施例1は、第2レンズ群112と第3レンズ群113との間の空気間隔(d27)が長く、空間光変調素子の近傍に第3レンズ群が配置され、テレセントリック性が保持され、諸収差がバランスよく補正されることを目的とした設計例である。また、本実施例1にかかる投写レンズにおいて、Fナンバー=2.4、焦点距離f=9.38、半画角=42.9度となる。

【0217】具体的な数値を以下の(表1)に示す。(表1)中、 r_i はレンズ各面の曲率半径(表面半径[mm])であり、 d_i はレンズ厚またはレンズ間間隔(面間の軸線方向距離[mm])である。 n_i は、各レンズのd線での屈折率(Nd)である。 ν_i は各レンズのd線でのアッペ数(ν_d)である。また非球面形状は、レンズの開口の光軸からの距離hの位置におけるレンズ頂点からの変位量をZとすると、下記(数48)で表される回転対称非球面である。

【0218】

【数48】

$$Z = \frac{c Y^2}{1 + \sqrt{1 + (1 + cc) c^2 Y^2}} + A D r^4 + A E r^6 + A F r^8 + A G r^{10}$$

【0219】図3は、実施例1における各種収差を示す図であり、図3(a)は球面収差(SA) [mm]、図3(b)は非点収差(AST) [mm]、図3(c)は歪曲収差(DIS) [%]、図3(d)は軸上の色収差(LON.CA.) [mm]、図3(e)は図倍率の色収差(LAT.CA) [mm]を示している。図3(a)の球面収差図において実線はe線である。図3(b)の

非点収差図において実線はサジタル像面湾曲であり、破線はメリジオナル像面湾曲である。図3(d)の軸上の色収差図において、実線はe線、破線はF線、一点鎖線はC線に対する値である。図3(e)の倍率の色収差図において、破線はF線、一点鎖線はC線に対する値である。

【0220】

[表1]

f= 9.38	F = 2.4	2w= 85.8	
t23/f3=0.833			
t23/f =2.538			
[表面半径]	[面間の軸線方向距離]	[N d]	[ν d]
r 1= 80.000	d 1= 3.0	n 1= 1.58913	v 1= 61.25
r 2= 42.000	d 2= 15.0		
r 3= 65.000	d 3= 3.0	n 2= 1.58913	v 2= 61.25
r 4= 45.330	d 4= 12.0		
r 5= 80.000	d 5= 3.0	n 3= 1.58913	v 3= 61.25
r 6= 39.573	d 6= 9.0		
r 7= 80.000	d 7= 12.0	n 4= 1.83400	v 4= 37.34
r 8= -247.885	d 8= 0.3		
r 9= 0.000	d 9= 3.0	n 5= 1.49176	v 5= 57.44
r10= 38.045	d10= 10.0		
r11= 81.461	d11= 3.0	n 6= 1.49700	v 6= 81.61
r12= 22.459	d12= 34.0		
r13= -392.064	d13= 3.0	n 7= 1.58913	v 7= 61.25
r14= 16.454	d14= 12.0	n 8= 1.64769	v 8= 33.84
r15= -209.403	d15= 7.0		
r16= -56.972	d16= 9.0	n 9= 1.51742	v 9= 52.15
r17= -13.505	d17= 3.0	n10= 1.74950	v10= 35.04
r18= 51.716	d18= 2.0		
r19= 35.637	d19= 6.0	n11= 1.64769	v11= 33.85
r20= -52.869	d20= 2.0		
r21= -57.310	d21= 3.0	n12= 1.49176	v12= 57.44
r22= -46.819	d22= 2.0		
r23= -105.565	d23= 2.0	n13= 1.75520	v13= 27.53
r24= 74.403	d24= 8.0	n14= 1.49700	v14= 81.61
r25= -23.536	d25= 0.3		
r26= -81.328	d26= 6.2	n15= 1.49700	v15= 81.61
r27= -30.233	d27= 50.0		
r28= 0.000	d28= 0.0		
r29= 0.000	d29= 9.3	n16= 1.51680	v16= 64.20
r30= -31.140	d30= 3.0		

[各面の非球面係数]

9面の非球面係数

cc= 1.71423E-005 A4= 5.14982E-005 A6= -9.00148E-008
A8= 9.13800E-011 A10= -3.91289E-014

10面の非球面係数

cc= -1.08827E-001 A4= 4.92845E-005 A6= 4.24721E-009
 A8= -2.56517E-010 A10= 2.37293E-013

21面の非球面係数

cc= -4.57423E-002 A4= 2.28583E-007 A6= -1.91100E-009
 A8= 7.38499E-012

22面の非球面係数

cc= -1.26419E-001 A4= 3.16911E-005 A6= 1.39562E-008
 A8= 7.33192E-011 A10= -2.53918E-013

【0221】（実施例2）図4は実施例2に係わる投写レンズの構成図である。図4において用いられている符号のうち図1でも用いられているものは、図1と同様のものを示している。本実施例2にかかる投写レンズも実施の形態1に基づいて作製されている。本実施例2は、第2レンズ群112と第3レンズ群113との間の空気間隔（d21）が大きく、第3レンズ群の焦点距離が上記（数35）、（数38）を満足し、諸収差が良好に補正されることを目的とした設計例である。また、本実施

例2にかかる投写レンズにおいて、Fナンバ=2.4、焦点距離 $f=12.42$ 、半画角=42.9度となる。

【0222】具体的な数値を以下の（表2）に示す。なお、（表2）中の各記号は実施例1で示した（表1）の場合と同じである。図5は、実施例2における各種収差を示す図であり、図3と同様に、球面収差、非点収差、歪曲収差、軸上の色収差、倍率の色収差を示している。図5中の各線は図3中の各線と同じものを示している。

【0223】

[表2]

f= 12.42	F = 1.8	2w= 70.4		
t23/f3=0.621				
t23/f =2.538				
[表面半径]	[面間の軸線方向距離]	[Nd]	[vd]	
r 1= 71.248	d 1= 3.0	n 1= 1.58913	v 1= 61.25	
r 2= 32.368	d 2= 16.0			
r 3= 246.555	d 3= 9.5	n 2= 1.83400	v 2= 37.34	
r 4= -135.725	d 4= 0.3			
r 5= 120.000	d 5= 3.0	n 3= 1.49176	v 3= 57.44	
r 6= 13.635	d 6= 51.0			
r 7= 115.890	d 7= 3.0	n 4= 1.58913	v 4= 61.25	
r 8= 18.500	d 8= 12.0	n 5= 1.64769	v 5= 33.84	
r 9= -264.318	d 9= 8.3			
r10= -39.868	d10= 9.0	n 6= 1.51742	v 6= 52.15	
r11= -18.000	d11= 3.0	n 7= 1.74950	v 7= 35.04	
r12= 33.290	d12= 0.4			
r13= 33.097	d13= 8.0	n 8= 1.64769	v 8= 33.85	
r14= -40.671	d14= 2.0			
r15= -72.509	d15= 3.0	n 9= 1.49176	v 9= 57.44	
r16= -37.088	d16= 2.0			
r17= -271.056	d17= 2.0	n10= 1.75520	v10= 27.53	
r18= 47.651	d18= 8.0	n11= 1.49700	v11= 81.61	
r19= -98.486	d19= 0.3			
r20= -763.540	d20= 6.2	n12= 1.49700	v12= 81.61	
r21= -24.849	d21= 50.0			
r22= 0.000	d22= 9.3	n13= 1.51680	v13= 64.20	
r23= -31.140	d23= 3.0			

[各面の非球面係数]

5面の非球面係数

cc= -4.29656E+002 A4= 8.02718E-006 A6= -2.85180E-008
 A8= 2.38864E-011

6面の非球面係数

cc= -1.93336E+000 A4= 4.28921E-005 A6= 9.05140E-008
 A8= -7.55763E-010 A10= 1.12453E-012

15面の非球面係数

cc= 1.72115E+001 A4= -3.50128E-006 A6= 8.31232E-008

16面の非球面係数

cc= 2.54079E+000 A4= 1.55867E-005 A6= 8.42468E-008
 A8= 9.22806E-011 A10= 3.37543E-015

【0224】(実施例3)図8は実施例3にかかる投写レンズの構成図である。図8において用いられている符号のうち図6でも用いられているものは、図6と同様のものを示している。本実施例3にかかる投写レンズは実施の形態2に基いて作製されている。本実施例3は、第2レンズ群212と第3レンズ群213との間の空気間隔(d25)が大きく、第3レンズ群213の焦点が第2レンズ群212の偏心した絞りと略一致し、諸収差が補正されることを目的とした設計例である。また、本実施例3にかかる投写レンズにおいて、Fナンバ=2.

0、焦点距離 $f=8.34$ 、半画角=46.2度となる。

【0225】具体的な数値を以下の(表3)に示す。なお、(表3)中の各記号は実施例1で示した(表1)の場合と同じである。図9は、実施例3における各種収差を示す図であり、図3と同様に、球面収差、非点収差、歪曲収差、軸上の色収差、倍率の色収差を示している。図9中の各線は図3中の各線と同じものを示している。

【0226】

[表3]

f= 8.34	F = 2.0	2w= 92.4	
t23/f3=0.833			
t23/f =5.994			
[表面半径]	[面間の軸線方向距離]	[N d]	[ν d]
r 1= 80.000	d 1= 3.0	n 1= 1.58913	v 1= 61.25
r 2= 44.125	d 2= 26.8		
r 3= 117.136	d 3= 3.0	n 2= 1.58913	v 2= 61.25
r 4= 51.258	d 4= 16.0		
r 5= -333.166	d 5= 9.5	n 3= 1.83400	v 3= 37.34
r 6= -96.572	d 6= 0.3		
r 7= 120.000	d 7= 3.0	n 4= 1.49176	v 4= 57.44
r 8= 26.525	d 8= 18.0		
r 9= -159.913	d 9= 3.0	n 5= 1.49700	v 5= 81.61
r10= 41.683	d10= 45.0		
r11= 131.782	d11= 3.0	n 6= 1.58913	v 6= 61.25
r12= 18.500	d12= 12.0	n 7= 1.64769	v 7= 33.84
r13= -200.470	d13= 8.3		
r14= -43.395	d14= 9.0	n 8= 1.51742	v 8= 52.15
r15= -18.000	d15= 3.0	n 9= 1.74950	v 9= 35.04
r16= 54.122	d16= 0.4		
r17= 33.658	d17= 8.0	n10= 1.64769	v10= 33.85
r18= -53.664	d18= 2.0		
r19= -50.888	d19= 3.0	n11= 1.49176	v11= 57.44
r20= -56.492	d20= 2.0		
r21= -87.932	d21= 2.0	n12= 1.75520	v12= 27.53
r22= 61.619	d22= 8.0	n13= 1.49700	v13= 81.61
r23= -36.491	d23= 0.3		
r24= 629.267	d24= 6.2	n14= 1.49700	v14= 81.61
r25= -26.619	d25= 50.0		
r26= 0.000	d26= 9.3	n15= 1.51680	v15= 64.20
r27= -31.140	d27= 3.0		

[各面の非球面係数]

7面の非球面係数

cc= -1.09680E+002 A4= 7.52362E-005 A6= -1.45676E-007
A8= 1.00331E-010

8面の非球面係数

cc= -4.87561E-001 A4= 7.53982E-005 A6= 6.37262E-008
A8= -8.02989E-010 A10= 1.12453E-012

19面の非球面係数

cc= 7.65620E+000 A4= -2.69023E-006 A6= 3.16454E-008

20面の非球面係数

cc= 3.69301E+000 A4= 2.19728E-005 A6= 3.60961E-008
A8= 1.15834E-010 A10= -3.95141E-013

【 0 2 2 7 】 (実施例 4) 図 1 0 は実施例 4 にかかる投写レンズの構成図である。図 1 0 において用いられている符号のうち図 6 でも用いられているものは、図 6 と同様のものを示している。本実施例 4 にかかる投写レンズも実施の形態 2 に基いて作製されている。本実施例 4 は、第 2 レンズ群 2 1 2 と第 3 レンズ群 2 1 3 との間の空気間隔 (d 2 1) が大きく、第 3 レンズ群 2 1 3 の焦点が第 2 レンズ群 2 1 2 の偏心した絞りと略一致し、諸収差が補正されることを目的とした設計例である。また、本実施例 4 にかかる投写レンズにおいて、F ナンバ

= 2 . 0 、焦点距離 f = 1 0 . 3 9 、半画角 = 4 0 . 0 度となる。

【 0 2 2 8 】 具体的な数値を以下の (表 4) に示す。なお、(表 4) 中の各記号は実施例 1 で示した (表 1) の場合と同じである。図 1 1 は、実施例 4 における各種収差を示す図であり、図 3 と同様に、球面収差、非点収差、歪曲収差、軸上の色収差、倍率の色収差を示している。図 1 1 中の各線は図 3 中の各線と同じものを示している。

【 0 2 2 9 】

[表 4]

f= 10.39	F = 2.0	2w= 80.0
t23/f3=0.621		
t23/f =3.851		
[表面半径]	[面間の軸線方向距離]	[N d] [ν d]
r 1= 96.308	d 1= 4.0	n 1= 1.49176 v 1= 57.44
r 2= 24.927	d 2= 22.0	
r 3=-2337.811	d 3= 3.0	n 2= 1.58913 v 2= 61.25
r 4= 26.776	d 4= 7.0	
r 5= 108.211	d 5= 7.5	n 3= 1.83400 v 3= 37.34
r 6= -116.286	d 6= 3.0	
r 7= 36.465	d 7= 3.0	n 4= 1.49700 v 4= 81.61
r 8= 19.434	d 8= 11.0	
r 9= -43.397	d 9= 3.0	n 5= 1.49700 v 5= 81.61
r10= 20.984	d10= 12.0	n 6= 1.64769 v 6= 33.84
r11= -103.168	d11= 9.0	
r12= 349.980	d12= 9.0	n 7= 1.51742 v 7= 52.15
r13= -17.919	d13= 3.0	n 8= 1.74950 v 8= 35.04
r14= -580.688	d14= 3.3	
r15= -28.831	d15= 4.0	n 9= 1.49176 v 9= 57.44
r16= -20.374	d16= 1.0	
r17= -57.291	d17= 2.0	n10= 1.75520 v10= 27.53
r18= 252.574	d18= 7.0	n11= 1.49700 v11= 81.61
r19= -30.170	d19= 0.3	
r20= -309.944	d20= 7.0	n12= 1.49700 v12= 81.61
r21= -20.282	d21= 40.0	
r22= 0.000	d22= 7.8	n13= 1.58913 v13= 61.25
r23= -38.088	d23= 2.0	

[各面の非球面係数]

1面の非球面係数

cc= 5.82039E+000 A4= 5.59989E-006 A6= -3.38793E-009
A8= 1.41748E-012

2面の非球面係数

cc= -5.69902E-002 A4= 1.09901E-006 A6= 8.51022E-009
A8= -1.76168E-011 A10= 9.33779E-015

15面の非球面係数

cc= 3.38415E+000 A4= -1.01534E-005 A6= 5.04817E-007

16面の非球面係数

cc= -6.03045E-001 A4= 1.79417E-005 A6= 4.58533E-007
A8= 4.33534E-010

【0230】(実施例5)本実施例5にかかる投写レンズは実施の形態3に基いて作製されたものであり、図12に示した投写レンズと同様のものである。本実施例5は、第2レンズ群302と第3レンズ群303との間の空気間隔(d23)が大きく、諸収差が補正されることを目的とした設計例である。また、本実施例5にかかる投写レンズにおいて、Fナンバ=2.0、焦点距離f=10.46、半画角=40.8度となる。

【0231】具体的な数値を以下の(表5)に示す。

(表5)中の各記号は実施例1で示した(表1)の場合と同じである。図13は、実施例5における各種収差を示す図であり、図3と同様に、球面収差、非点収差、歪曲収差、軸上の色収差、倍率の色収差を示している。図13中の各線は図3中の各線と同じものを示している。

【0232】

[表5]

f= 10.46	F = 2.0	2w= 81.6		
t23/f3=0.821				
t23/f =4.399				
[表面半径]	[面間の軸線方向距離]	[Nd]	[νd]	
r 1= 79.455	d 1= 3.0	n 1= 1.58913	v 1= 61.25	
r 2= 36.089	d 2= 23.0			
r 3= -403.236	d 3= 7.0	n 2= 1.80610	v 2= 33.27	
r 4= -105.020	d 4= 0.3			
r 5= 120.000	d 5= 3.0	n 3= 1.49176	v 3= 57.44	
r 6= 27.618	d 6= 11.0			
r 7= 194.324	d 7= 3.0	n 4= 1.49700	v 4= 81.61	
r 8= 23.421	d 8= 34.0			
r 9= 108.831	d 9= 3.0	n 5= 1.58913	v 5= 61.25	
r10= 15.194	d10= 10.0	n 6= 1.64769	v 6= 33.84	
r11= 1667.039	d11= 5.0			
r12= -30.669	d12= 3.0	n 7= 1.49176	v 7= 57.44	
r13= -38.265	d13= 0.5			
r14= -116.679	d14= 10.0	n 8= 1.51742	v 8= 52.15	
r15= -14.803	d15= 8.5	n 9= 1.74950	v 9= 35.04	
r16= -61.955	d16= 2.0			
r17= -90.210	d17= 3.0	n10= 1.49176	v10= 57.44	
r18= -51.716	d18= 2.0			
r19= -277.163	d19= 2.0	n11= 1.75520	v11= 27.53	
r20= 68.080	d20= 8.0	n12= 1.49700	v12= 81.61	
r21= -40.895	d21= 0.3			
r22=-7022.134	d22= 6.2	n13= 1.49700	v13= 81.61	
r23= -27.442	d23= 46.0			
r24= 0.000	d24= 7.0	n14= 1.58913	v14= 61.25	
r25= -33.120	d25= 2.0			

〔各面の非球面係数〕

5面の非球面係数

cc= -1.77531E+001 A4= 6.27779E-005 A6= -1.22876E-007
A8= 8.29252E-011

6面の非球面係数

cc= -4.97786E-001 A4= 7.09859E-005 A6= 2.66818E-008
A8= -5.64899E-010 A10= 6.73723E-013

12面の非球面係数

A4= -8.99086E-006 A6= -6.74234E-008

13面の非球面係数

A4= -9.87432E-006 A6= -9.01135E-008

17面の非球面係数

cc= -3.44375E+000 A4= 2.26731E-005 A6= 2.53333E-008
A8= -2.83393E-010

18面の非球面係数

cc= -2.20633E+000 A4= 3.70068E-005 A6= 3.29907E-008
A8= -1.05223E-010 A10= -4.80973E-013

【0233】（実施例6）本実施例6にかかる投写レンズは実施の形態4に基いて作製されたものであり、図14に示した投写レンズと同様のものである。本実施例6は、第2レンズ群402と第3レンズ群403との間の空気間隔（d20）が大きく、第2レンズ群402の最もスクリーン側に第2レンズ群中最大の空気間隔（d13）で正レンズが配置され、諸収差が補正されることを目的とした設計例である。また、本実施例6にかかる投写レンズにおいて、Fナンバ=2.0、焦点距離f=1

0.46、半画角=43.8度となる。

【0234】具体的な数値を以下の（表6）に示す。

（表6）中の各記号は実施例1で示した（表1）の場合と同じである。図15は、実施例6における各種収差を示す図であり、図3と同様に、球面収差、非点収差、歪曲収差、軸上の色収差、倍率の色収差を示している。図15中の各線は図3中の各線と同じものを示している。

【0235】

〔表6〕

f= 10.47	F = 2.0	2w= 87.6
t23/f3=0.621		
t23/f =3.822		
〔表面半径〕	〔面間の軸線方向距離〕	〔Nd〕 〔νd〕
r 1= 95.829	d 1= 4.0	n 1= 1.49176 v 1= 57.44
r 2= 24.436	d 2= 21.0	
r 3= 255.315	d 3= 3.0	n 2= 1.62041 v 2= 60.34
r 4= 28.806	d 4= 12.0	
r 5= 71.055	d 5= 7.5	n 3= 1.80610 v 3= 33.27
r 6=-1311.645	d 6= 3.0	
r 7= 29.363	d 7= 3.0	n 4= 1.49700 v 4= 81.61
r 8= 18.541	d 8= 10.0	
r 9= -47.005	d 9= 3.0	n 5= 1.69680 v 5= 55.46
r10= 20.525	d10= 10.0	n 6= 1.64769 v 6= 33.84
r11= -119.096	d11= 8.0	
r12= 35.330	d12= 4.0	n 7= 1.74950 v 7= 35.04
r13= 62.668	d13= 11.3	
r14= -30.708	d14= 4.0	n 8= 1.49176 v 8= 57.44
r15= -22.181	d15= 1.0	
r16= -46.164	d16= 2.0	n 9= 1.75520 v 9= 27.53
r17= 64.387	d17= 7.0	n10= 1.49700 v10= 81.61
r18= -36.627	d18= 0.3	
r19= 511.798	d19= 7.0	n11= 1.49700 v11= 81.61

r20= -20.736 d20= 40.0
 r21= 0.000 d21= 7.8 n12= 1.58913 v12= 61.25
 r22= -38.088 d22= 2.0

[各面の非球面係数]

1 面の非球面係数

cc= 5.40769E+000 A4= 6.27569E-006 A6= -4.09253E-009
 A8= 1.57144E-012

2 面の非球面係数

cc= -7.66513E-002 A4= 2.66794E-006 A6= 5.51717E-009
 A8= -1.35669E-011 A10= 4.77693E-015

14 面の非球面係数

cc= 4.41539E+000 A4= -1.00014E-005 A6= 4.72055E-007

15 面の非球面係数

cc= 1.42944E+000 A4= 4.35362E-005 A6= 4.01551E-007
 A8= 9.44313E-010

【 0 2 3 6 】 (実施例 7) 図 1 6 は実施例 7 にかかる投写レンズの構成図である。図 1 6 において用いられている符号のうち図 1 4 でも用いられているものは、図 1 4 と同様のものを示している。本実施例 6 にかかる投写レンズも、実施例 6 と同様に実施の形態 4 に基いて作製されたものである。また、本実施例 7 も、第 2 レンズ群 4 0 2 と第 3 レンズ群 4 0 3 との間の空気間隔 (d 2 0) が大きく、第 2 レンズ群 4 0 2 の最もスクリーン側に第 2 レンズ群中最大の空気間隔 (d 1 3) で正レンズが配置され、諸収差が補正されることを目的とした設計例で

ある。また、本実施例 7 において、F ナンバ = 2 . 0 、焦点距離 f = 8 . 3 4 、半画角 = 4 3 . 6 度となる。

【 0 2 3 7 】 具体的な数値を以下の (表 7) に示す。

(表 7) 中の各記号は実施例 1 で示した (表 1) の場合と同じである。図 1 7 は、実施例 7 における各種収差を示す図であり、図 3 と同様に、球面収差、非点収差、歪曲収差、軸上の色収差、倍率の色収差を示している。図 1 7 中の各線は図 3 中の各線と同じものを示している。

【 0 2 3 8 】

[表 7]

f= 10.47	F = 2.0	2w=-87.2
t23/f3=0.621		
t23/f =3.819		
[表面半径]	[面間の軸線方向距離]	[N d] [ν d]
r 1= 62.296	d 1= 4.0	n 1= 1.49176 v 1= 57.44
r 2= 31.209	d 2= 21.0	
r 3=-3959.473	d 3= 3.0	n 2= 1.62041 v 2= 60.34
r 4= 23.073	d 4= 12.0	
r 5= 35.721	d 5= 7.5	n 3= 1.83400 v 3= 37.34
r 6= 58.346	d 6= 3.0	
r 7= 30.000	d 7= 3.0	n 4= 1.49700 v 4= 81.61
r 8= 18.117	d 8= 10.0	
r 9= -35.838	d 9= 3.0	n 5= 1.69680 v 5= 55.46
r10= 24.389	d10= 10.0	n 6= 1.64769 v 6= 33.84
r11= -128.961	d11= 8.0	
r12= 29.900	d12= 4.0	n 7= 1.74950 v 7= 35.04
r13= 92.715	d13= 11.3	
r14= -33.622	d14= 4.0	n 8= 1.49176 v 8= 57.44
r15= -24.936	d15= 1.0	
r16= -60.681	d16= 2.0	n 9= 1.75520 v 9= 27.53
r17= 40.096	d17= 7.0	n10= 1.49700 v10= 81.61
r18= -67.603	d18= 0.3	
r19= 94.229	d19= 7.0	n11= 1.49700 v11= 81.61
r20= -21.382	d20= 40.0	

r21= 38.088 d21= 5.6 n12= 1.58913 v12= 61.25
r22= 0.000 d22= 2.0

[各面の非球面係数]

1 面の非球面係数

cc= 1.32614E+000 A4= -1.94820E-006 A6= 1.03689E-009
A8= -2.47756E-013

2 面の非球面係数

cc= -5.09110E-001 A4= -4.34198E-006 A6= -1.91905E-009
A8= 2.14304E-012 A10= -9.00930E-016

14 面の非球面係数

cc= 3.52055E+000 A4= -1.65250E-005 A6= 3.80020E-007
A8= 7.92465E-010 A10= -5.79450E-012

15 面の非球面係数

cc= 7.01283E-002 A4= 2.53185E-005 A6= 3.35666E-007
A8= 1.07975E-009 A10= -3.51848E-012

【0239】(実施例8) 本実施例8にかかる投写レンズは実施の形態5に基づいて作製されたものであり、図18に示した投写レンズと同様のものである。本実施例8は、第2レンズ群512と第3レンズ群513の空気間隔(d18)が大きく、諸収差が補正されることを目的とした設計例である。本実施例8にかかる投写レンズにおいて、Fナンバ=2.0、焦点距離f=10.50、半画角=43.6度となる。

【0240】具体的な数値を以下の(表8)に示す。

(表8)中の各記号は実施例1で示した(表1)と同じである。図19は、実施例8における各種収差を示す図であり、図3と同様に、球面収差、非点収差、歪曲収差、軸上の色収差、倍率の色収差を示している。図19中の各線は図3中の各線と同じものを示している。

【0241】

[表8]

f= 10.50 F = 2.0 2w= 87.2
t23/f3=0.628
t23/f =3.801

[表面半径]

[面間の軸線方向距離]

[Nd]

[vd]

r 1= 150.845	d 1= 4.0	n 1= 1.49078	v 1= 57.19
r 2= 39.311	2= 21.0		
r 3= -416.162	d 3= 3.0	n 2= 1.58913	v 2= 61.25
r 4= 22.706	d 4= 20.5		
r 5= 102.089	d 5= 5.0	n 3= 1.80610	v 3= 33.27
r 6= 5870.076	d 6= 4.5		
r 7= -30.343	d 7= 3.0	n 4= 1.69680	v 4= 55.46
r 8= 20.650	d 8= 10.0	n 5= 1.64769	v 5= 33.84
r 9= -97.316	d 9= 11.0		
r10= 33.447	d10= 5.5	n 6= 1.74950	v 6= 35.04
r11= 98.083	d11= 10.0		
r12= -68.760	d12= 4.0	n 7= 1.49078	v 7= 57.19
r13= -48.265	d13= 2.0		
r14= -42.960	d14= 2.0	n 8= 1.75520	v 8= 27.53
r15= 53.709	d15= 7.0	n 9= 1.49700	v 9= 81.61
r16= -29.588	d16= 0.3		
r17= 73.610	d17= 7.0	n10= 1.49700	v10= 81.61
r18= -31.501	d18= 40.0		
r19= 38.088	d19= 5.6	n11= 1.58913	v11= 61.25
r20= 0.000	d20= 2.0		

[各面の非球面係数]

1 面の非球面係数

cc= 1.11304E+000 A4= 5.13879E-006 A6= -3.81791E-009
 A8= 2.26701E-012 A10= -5.75638E-016

2面の非球面係数

cc= -6.69327E-002 A4= 1.06473E-006 A6= -4.79738E-009
 A8= -2.62558E-013 A10= 8.10956E-017

12面の非球面係数

cc= 1.97877E+001 A4= -1.77789E-005 A6= 1.38211E-007
 A8= -4.31150E-010 A10= 1.85913E-012

13面の非球面係数

cc= -9.27211E+000 A4= -6.60993E-006 A6= 1.14331E-007
 A8= -2.26518E-010 A10= 7.26104E-013

【0242】(実施例9)図20は実施例9にかかる投写レンズの構成図である。図20において用いられている符号のうち図18でも用いられているものは、図18と同様のものを示している。本実施例9にかかる投写レンズも、実施例8と同様に実施の形態5に基づいて作製されたものである。本実施例9も実施例8と同様に第2レンズ群512と第3レンズ群513の空気間隔(d18)が大きく、諸収差が補正されることを目的とした設計例である。本実施例において、Fナンバ=2.0、焦

点距離 $f = 10.45$ 、半画角 = 43.8 度となる。

【0243】具体的な数値を以下の(表9)に示す。

(表9)中の各記号は実施例1で示した(表1)の場合と同じである。図21は、実施例9における各種収差を示す図であり、図3と同様に、球面収差、非点収差、歪曲収差、軸上の色収差、倍率の色収差を示している。図21中の各線は図3中の各線と同じものを示している。

【0244】

[表9]

f= 10.45	Fナンバ= 2.0	2w= 87.6	
t23/f3=0.621			
t23/f =3.828			
[表面半径]	[面間の軸線方向距離]	[Nd]	[νd]
r 1= 88.200	d 1= 4.0	n 1= 1.49176	v 1= 57.44
r 2= 26.586	d 2= 21.0		
r 3= -186.763	d 3= 3.0	n 2= 1.58913	v 2= 61.25
r 4= 23.860	d 4= 12.0		
r 5= 116.102	d 5= 6.0	n 3= 1.80610	v 3= 33.27
r 6= -335.423	d 6= 13.0		
r 7= -35.603	d 7= 3.0	n 4= 1.69680	v 4= 55.46
r 8= 29.123	d 8= 10.0	n 5= 1.64769	v 5= 33.84
r 9= -355.537	d 9= 11.0		
r10= 34.592	d10= 5.5	n 6= 1.74950	v 6= 35.04
r11=-1110.094	d11= 11.3		
r12= -32.989	d12= 4.0	n 7= 1.49176	v 7= 57.44
r13= -23.435	d13= 1.0		
r14= -43.203	d14= 2.0	n 8= 1.75520	v 8= 27.53
r15= 40.237	d15= 7.0	n 9= 1.49700	v 9= 81.61
r16= -69.929	d16= 0.3		
r17= 117.245	d17= 7.0	n10= 1.49700	v10= 81.61
r18= -22.269	d18= 40.0		
r19= 38.088	d19= 5.6	n11= 1.58913	v11= 61.25
r20= 0.000	d20= 2.0		

[各面の非球面係数]

1面の非球面係数

cc= 4.51044E+000 A4= 1.78621E-006 A6= -1.22430E-009
 A8= 5.14800E-013

2面の非球面係数

cc= -4.96835E-001 A4= -1.13789E-006 A6= -7.44448E-010
 A8= -4.59028E-012 A10= 3.16168E-015

12面の非球面係数

cc= 1.86646E+000 A4= -2.66962E-005 A6= 2.96401E-007
 A8= 6.29564E-010 A10= -4.03870E-012

13面の非球面係数

cc= -2.80605E-001 A4= 1.37242E-005 A6= 2.55014E-007
 A8= 7.97315E-010 A10= -2.19590E-012

【0245】(実施例10)図22は実施例10にかかる投写レンズの構成図である。図22において用いられている符号のうち図18でも用いられているものは、図18と同様のものを示している。本実施例9にかかる投写レンズも、実施例8と同様に実施の形態5に基いて作製されたものである。本実施例10も実施例8と同様に第2レンズ群512と第3レンズ群513の空気間隔(d18)が大きく、諸収差が補正されることを目的とした設計例である。本実施例において、Fナンバ=2.0、焦点距離f=10.57、半画角=43.4度となる。

[表10]

f= 10.56 F = 2.0 2w= 86.76
 t23/f3=0.621
 t23/f =3.786

[表面半径]	[面間の軸線方向距離]	[Nd]	[vd]
r 1= 138.868	d 1= 4.0	n 1= 1.49078	v 1= 57.19
r 2= 37.105	d 2= 21.0		
r 3= -641.843	d 3= 3.0	n 2= 1.69680	v 2= 55.46
r 4= 24.016	d 4= 12.0		
r 5= 98.233	d 5= 5.0	n 3= 1.80610	v 3= 33.27
r 6= -322.600	d 6= 13.0		
r 7= -35.041	d 7= 3.0	n 4= 1.69680	v 4= 55.46
r 8= 18.396	d 8= 10.0	n 5= 1.64769	v 5= 33.84
r 9= -121.297	d 9= 11.0		
r10= 36.570	d10= 5.5	n 6= 1.74950	v 6= 35.04
r11= 180.791	d11= 10.0		
r12= -44.495	d12= 4.0	n 7= 1.49078	v 7= 57.19
r13= -37.183	d13= 2.5		
r14= -52.522	d14= 2.0	n 8= 1.84666	v 8= 23.78
r15= 37.262	d15= 7.0	n 9= 1.49700	v 9= 81.61
r16= -43.091	d16= 0.3		
r17= 84.487	d17= 7.0	n10= 1.80420	v10= 46.50
r18= -38.973	d18= 40.0		
r19= 38.088	d19= 5.6	n11= 1.58913	v11= 61.25
r20= 0.000	d20= 2.0		

[各面の非球面係数]

1面の非球面係数

cc= 1.17481E+001 A4= 5.41289E-006 A6= -3.24092E-009
 A8= 1.74182E-012 A10= -4.33827E-016

2面の非球面係数

cc= 1.22110E-001 A4= 8.25448E-007 A6= 5.20241E-011
 A8= -3.33562E-012 A10= -1.28869E-015

る。

【0246】具体的な数値を以下の(表10)に示す。(表10)中の各記号は実施例1で示した(表1)の場合と同じである。図23は、実施例10における各種収差を示す図であり、図3と同様に、球面収差、非点収差、歪曲収差、軸上の色収差、倍率の色収差を示している。図23中の各線は図3中の各線と同じものを示している。

【0247】

12面の非球面係数

cc= 3.61746E+000 A4= -1.25927E-005 A6= 1.11300E-007
A8= 1.00444E-010 A10= -5.20277E-013

13面の非球面係数

cc= 1.38066E+000 A4= 7.44795E-006 A6= 1.02110E-007

【0248】(実施例11) 本実施例11にかかる投写レンズは実施の形態6に基いて作製されたものであり、図24に示した投写レンズと同様のものである。本実施例11は、第2レンズ群602と第3レンズ群603との間の空気間隔(d17)が大きく、第1レンズ群601と第2レンズ群602との間にミラー手段608が配置され、諸収差が補正されることを目的とした設計例である。本実施例11にかかる投写レンズにおいて、Fナンバー=2.0、焦点距離f=10.6、半画角=40.

4度となる。

【0249】具体的な数値を以下の(表11)に示す。(表11)中の各記号は実施例1で示した(表1)と同じである。図25は、実施例11における各種収差を示す図であり、図3と同様に、球面収差、非点収差、歪曲収差、軸上の色収差、倍率の色収差を示している。図25中の各線は図3中の各線と同じものを示している。

【0250】

[表11]

f= 10.60	F = 2.0	2w= 80.80
t23/f3=0.621		
t23/f =3.773		
[表面半径]	[面間の軸線方向距離]	[Nd] [vd]
r 1= 123.413	d 1= 4.0	n 1= 1.49078 v 1= 57.19
r 2= 36.538	d 2= 16.0	
r 3= 433.179	d 3= 3.0	n 2= 1.58913 v 2= 61.25
r 4= 23.952	d 4= 15.0	
r 5= 4483.476	d 5= 5.0	n 3= 1.80610 v 3= 33.27
r 6= -89.735	d 6= 5.0	
r 7= -35.677	d 7= 4.0	n 4= 1.69680 v 4= 55.46
r 8= -137.398	d 8= 60.0	
r 9= 39.850	d 9= 8.0	n 5= 1.74950 v 5= 35.04
r10= 231.623	d10= 21.0	
r11= -53.217	d11= 4.0	n 6= 1.49078 v 6= 57.19
r12= -51.537	d12= 2.0	
r13= -47.859	d13= 2.0	n 7= 1.75520 v 7= 27.53
r14= 48.335	d14= 7.0	n 8= 1.49700 v 8= 81.61
r15= -46.034	d15= 0.3	
r16= 57.203	d16= 7.0	n 9= 1.49700 v 9= 81.61
r17= -39.794	d17= 40.0	
r18= 38.088	d18= 5.6	n10= 1.58913 v10= 61.25
r19= 0.000	d19= 2.0	

[各面の非球面係数]

1面の非球面係数

cc= 7.65240E+000 A4= 2.48104E-006 A6= -2.09212E-009
A8= 1.16154E-012 A10= -3.49002E-016

2面の非球面係数

cc= -1.58618E-001 A4= -1.81649E-006 A6= -4.29314E-009
A8= 7.33079E-013 A10= -2.27167E-016

11面の非球面係数

cc= 1.04044E+001 A4= -1.28082E-005 A6= 1.59229E-007
A8= -5.22865E-010 A10= 1.74004E-012

12面の非球面係数

cc= -2.00806E+000 A4= -7.89624E-006 A6= 1.27773E-007

$$A8 = -4.07755E-010 \quad A10 = 9.60367E-013$$

【0251】(実施例12)図26は実施例12にかかる投写レンズの構成図である。図26において用いられている符号のうち図24でも用いられているものは、図24と同様のものを示している。本実施例12にかかる投写レンズも、実施例11と同様に実施の形態6に基づいて作製されたものである。

【0252】本実施例12も、実施例11と同様に、第2レンズ群602と第3レンズ群603の空気間隔(d17)が大きく、第1レンズ群601と第2レンズ群602との間にミラー手段608が配置され、諸収差が良

好に補正される事を目的とした設計例である。本実施例12にかかる投写レンズにおいて、Fナンバ=2.0

、焦点距離 $f=10.6$ 、半画角 $=43.0$ 度となる。

【0253】具体的な数値を以下の(表12)に示す。

(表12)中の各記号は実施例1で示した(表1)と同じである。図27は、実施例12における各種収差を示す図であり、図3と同様に、球面収差、非点収差、歪曲収差、軸上の色収差、倍率の色収差を示している。図27中の各線は図3中の各線と同じものを示している。

【0254】

[表12]

f= 10.63	F = 2.0	2w=-86.0	
t23/f3=0.621			
t23/f0=3.763			
[表面半径]	[面間の軸線方向距離]	[N d]	[ν d]
r 1= 115.139	d 1= 4.0	n 1= 1.49078	v 1= 57.19
r 2= 39.469	d 2= 15.0		
r 3= 414.477	d 3= 3.0	n 2= 1.58913	v 2= 61.27
r 4= 23.379	d 4= 19.0		
r 5= -88.403	d 5= 6.0	n 3= 1.76182	v 3= 26.60
r 6= -60.432	d 6= 6.0		
r 7= -30.583	d 7= 4.0	n 4= 1.69673	v 4= 56.42
r 8= -39.122	d 8= 91.0		
r 9= 62.869	d 9= 8.0	n 5= 1.80610	v 5= 33.30
r10= 448.126	d10= 20.0		
r11= 0.000	d11= 4.0	n 6= 1.49078	v 6= 57.19
r12= 0.000	d12= 1.0		
r13= 119.467	d13= 2.0	n 7= 1.80518	v 7= 25.50
r14= 26.891	d14= 7.0	n 8= 1.49700	v 8= 81.60
r15= -78.902	d15= 0.3		
r16= 34.678	d16= 5.0	n 9= 1.49078	v 9= 57.19
r17= 136.616	d17= 40.0		
r18= 38.088	d18= 5.6	n10= 1.58913	v10= 61.30
r19= 0.000			

[各面の非球面係数]

1面の非球面係数

$$\begin{aligned} cc &= 7.05890E+000 & A4 &= 4.49553E-006 & A6 &= -3.38551E-009 \\ A8 &= 1.82656E-012 & A10 &= -4.06467E-016 \end{aligned}$$

2面の非球面係数

$$\begin{aligned} cc &= -1.35357E-001 & A4 &= 1.50236E-006 & A6 &= -4.36540E-009 \\ A8 &= -2.33364E-013 & A10 &= 2.83475E-016 \end{aligned}$$

11面の非球面係数

$$\begin{aligned} cc &= 3.79033E+030 & A4 &= -3.22594E-008 & A6 &= 1.64963E-011 \\ A8 &= 4.22074E-013 & A10 &= -4.69282E-015 \end{aligned}$$

12面の非球面係数

$$\begin{aligned} cc &= -9.17034E+033 & A4 &= -3.61725E-007 & A6 &= 5.19834E-010 \\ A8 &= 2.23565E-012 & A10 &= -2.85788E-014 \end{aligned}$$

16面の非球面係数

$$cc = 1.43926E+000 \quad A4 = -9.90967E-006 \quad A6 = -7.06819E-008$$

$$A8 = -1.28615E-010$$

17面の非球面係数

$$cc = -1.71083E+002 \quad A4 = 1.39552E-006 \quad A6 = -1.17036E-007$$

$$A8 = 3.74018E-011$$

【0255】(実施例13) 本実施例13にかかる投写レンズは実施の形態7に基づいて作製されたものであり、図28に示した投写レンズと同様のものである。本実施例13は、第2レンズ群702と第3レンズ群703の間にプリズム704が配置され、且つ、諸収差が補正されることを目的とした設計例である。本実施例13にかかる投写レンズにおいて、Fナンバ=2.0、焦点距離 $f = 10.13$ 、半画角=44.00度となる。

【0256】具体的な数値を以下の(表13)に示す。(表13)中の各記号は実施例1で示した(表1)と同じである。図29は、実施例13における各種諸収差を示す図であり、図3と同様に、球面収差、非点収差、歪曲収差、軸上の色収差、倍率の色収差を示している。図29中の各線は図3中の各線と同じものを示している。

【0257】

[表13]

f= 10.13	F = 2.0	2w= 44.00	
t23/f3=0.712			
t23/f =3.474			
[表面半径]	[面間の軸線方向距離]	[N d]	[ν d].
r 1= 136.661	d 1= 4.0	n 1= 1.49078	v 1= 57.19
r 2= 29.000	d 2= 21.0		
r 3= -100.390	d 3= 3.0	n 2= 1.58913	v 2= 61.25
r 4= 22.695	d 4= 20.5		
r 5=-4397.925	d 5= 5.0	n 3= 1.80610	v 3= 33.27
r 6= -105.836	d 6= 4.5		
r 7= -28.430	d 7= 3.0	n 4= 1.69680	v 4= 55.46
r 8= 65.031	d 8= 10.0	n 5= 1.64769	v 5= 33.84
r 9= -47.739	d 9= 11.0		
r10= 32.587	d10= 5.5	n 6= 1.74950	v 6= 35.04
r11=-1537.448	d11= 10.0		
r12= -32.736	d12= 4.0	n 7= 1.49078	v 7= 57.19
r13= -31.356	d13= 2.0		
r14= -51.865	d14= 2.0	n 8= 1.75520	v 8= 27.53
r15= 23.374	d15= 7.0	n 9= 1.49700	v 9= 81.61
r16= -71.441	d16= 0.3		
r17= 61.253	d17= 7.0	n10= 1.49700	v10= 81.61
r18= -28.253	d18= 5.0		
r19= 0.000	d19= 35.0	n11= 1.51680	v11= 64.20
r20= 0.000	d20= 8.0		
r21= 30.000	d21= 7.5	n12= 1.58913	v12= 61.25
r22= 0.000	d22= 2.0		

[各面の非球面係数]

1面の非球面係数

$$cc = 3.86381E+000 \quad A4 = 4.35220E-006 \quad A6 = -3.52937E-009$$

$$A8 = 2.21249E-012 \quad A10 = -5.33637E-016$$

2面の非球面係数

$$cc = -3.08562E-001 \quad A4 = -1.67128E-006 \quad A6 = -5.49103E-009$$

$$A8 = -4.64123E-012 \quad A10 = 7.80096E-016$$

12面の非球面係数

$$cc = -4.99462E+000 \quad A4 = 4.63932E-006 \quad A6 = 1.30311E-007$$

$$A8 = -4.88234E-010 \quad A10 = 8.14048E-013$$

13面の非球面係数

cc= -6.26753E+000 A4= 1.72984E-005 A6= 1.73714E-007
 A8= -7.59579E-010 A10= 2.38782E-012

【0258】(実施例14) 本実施例14にかかる投写レンズは実施の形態8に基いて作製されたものであり、図30に示した投写レンズと同様のものである。本実施例14は、第1レンズ群801、第2レンズ群802及び第3レンズ群803のパワーが上記(数45)～(数47)を満たし、第2レンズ群802と第3レンズ群803との間の空気間隔(d21)が大きく、諸収差が補正されることを目的とした設計例である。本実施例14にかかる投写レンズにおいて、Fナンバ=2.0、焦点

距離f=10.41、半画角=40.0度となる。

【0259】具体的な数値を以下の(表14)に示す。(表14)中の各記号は実施例1で示した(表1)と同じである。図31は、実施例14における各種収差を示す図であり、図3と同様に、球面収差、非点収差、歪曲収差、軸上の色収差、倍率の色収差を示している。図31中の各線は図3中の各線と同じものを示している。

【0260】

[表14]

f= 10.41	F = 2.0	2w= 80.0
f/f1=0.418		
f/f2=0.317		
f/f3=0.162		
[表面半径]	[面間の軸線方向距離]	[Nd] [vd]
r 1= 80.000	d 1= 3.0	n 1= 1.58913 v 1= 61.25
r 2= 28.905	d 2= 13.0	
r 3= 39.745	d 3= 3.0	n 2= 1.49176 v 2= 57.44
r 4= 20.728	d 4= 14.0	
r 5= 129.962	d 5= 8.5	n 3= 1.83400 v 3= 37.34
r 6= -194.551	d 6= 3.3	
r 7= 32.365	d 7= 2.0	n 4= 1.49700 v 4= 81.61
r 8= 15.053	d 8= 13.0	
r 9= -31.189	d 9= 2.0	n 5= 1.58913 v 5= 61.25
r10= 18.834	d10= 10.0	n 6= 1.64769 v 6= 33.84
r11= -57.519	d11= 12.0	
r12= 76.535	d12= 9.0	n 7= 1.51742 v 7= 52.15
r13= -18.700	d13= 7.0	n 8= 1.74950 v 8= 35.04
r14= 1034.259	d14= 3.3	
r15= -26.100	d15= 3.0	n 9= 1.49176 v 9= 57.44
r16= -28.418	d16= 2.0	
r17=-2143.025	d17= 2.0	n10= 1.75520 v10= 27.53
r18= 70.124	d18= 7.0	n11= 1.49700 v11= 81.61
r19= -24.397	d19= 0.3	
r20= -169.155	d20= 6.0	n12= 1.49700 v12= 81.61
r21= -24.788	d21= 40.0	
r22= 0.000	d22= 7.8	n13= 1.58913 v13= 61.25
r23= -38.088	d23= 2.0	

[各面の非球面係数]

3面の非球面係数

cc= 6.33695E-001 A4= 3.61989E-007 A6= -6.06161E-010
 A8= -1.00673E-012

4面の非球面係数

cc= -9.43098E-001 A4= -6.14725E-007 A6= -2.35843E-009
 A8= -5.19622E-012

16面の非球面係数

A4= 3.53528E-005 A6= 7.49192E-008

【0261】(実施例15) 図32は実施例15にかかる投写レンズの構成図である。図32において用いられ

ている符号のうち図30でも用いられているものは、図30と同様のものを示している。本実施例15にかかる投写レンズも、実施例14と同様に実施の形態8に基づいて作製されたものである。本実施例15も、実施例14と同様に、第1レンズ群801、第2レンズ群802及び第3レンズ群803のパワーが上記(数45)～(数47)を満たし、第2レンズ群802と第3レンズ群803との間の空気間隔(d21)が大きく、諸収差が補正されることを目的とした設計例である。本実施例15

[表15]

f= 10.43	F = 2.0	2w= 80.0		
f/f1=0.434				
f/f2=0.320				
f/f3=0.162				
[表面半径]	[面間の軸線方向距離]	[Nd]	[ν d]	
r 1= 60.318	d 1= 3.0	n 1= 1.49176	v 1= 57.44	
r 2= 18.460	d 2= 23.0			
r 3= -192.229	d 3= 3.0	n 2= 1.58913	v 2= 61.25	
r 4= 30.628	d 4= 5.0			
r 5= 45.443	d 5= 8.5	n 3= 1.83400	v 3= 37.34	
r 6= -267.286	d 6= 2.0			
r 7= 35.217	d 7= 2.0	n 4= 1.49700	v 4= 81.61	
r 8= 19.257	d 8= 13.0			
r 9= -37.435	d 9= 2.0	n 5= 1.58913	v 5= 61.25	
r10= 18.853	d10= 10.0	n 6= 1.64769	v 6= 33.84	
r11= -86.123	d11= 9.0			
r12= 82.476	d12= 9.0	n 7= 1.51742	v 7= 52.15	
r13= -17.221	d13= 7.0	n 8= 1.74950	v 8= 35.04	
r14= 1700.622	d14= 3.3			
r15= -42.619	d15= 3.0	n 9= 1.49176	v 9= 57.44	
r16= -41.254	d16= 2.0			
r17= 1385.921	d17= 2.0	n10= 1.75520	v10= 27.53	
r18= 70.124	d18= 7.0	n11= 1.49700	v11= 81.61	
r19= -28.792	d19= 0.3			
r20= 601.820	d20= 6.0	n12= 1.49700	v12= 81.61	
r21= -26.385	d21= 40.0			
r22= 0.000	d22= 7.8	n13= 1.58913	v13= 61.25	
r23= -38.088	d23= 2.0			

[各面の非球面係数]

1面の非球面係数

cc= 1.02143E+000 A4= 2.81670E-006 A6= -1.61305E-009

2面の非球面係数

cc= -9.21552E-001 A4= 9.90102E-006 A6= 1.25682E-008
A8= 8.71038E-012

16面の非球面係数

A4= 2.73173E-005 A6= 3.75472E-008

【0264】(実施例16)図34は実施例16にかかる投写レンズの構成図である。図34において用いられている符号のうち図30でも用いられているものは、図30と同様のものを示している。本実施例16にかかる

にかかる投写レンズにおいて、Fナンバ=2.0、焦点距離f=10.43、半画角=40.0度となる。

【0262】具体的な数値を以下の(表15)に示す。

(表15)中の各記号は実施例1で示した(表1)と同じである。図33は、実施例15における各種収差を示す図であり、図3と同様に、球面収差、非点収差、歪曲収差、軸上の色収差、倍率の色収差を示している。図33中の各線は図3中の各線と同じものを示している。

【0263】

投写レンズも、実施例14と同様に実施の形態8に基づいて作製されたものである。本実施例16も、実施例14と同様に、第1レンズ群801、第2レンズ群802及び第3レンズ群803のパワーが上記(数45)～(数

47) を満たし、第2レンズ群802と第3レンズ群803との間の空気間隔(d20)が大きく、諸収差が補正されることを目的とした設計例である。本実施例15にかかる投写レンズにおいて、Fナンバ=2.0、焦点距離 $f=10.66$ 、半画角=40.0度となる。

【0265】具体的な数値を以下の(表16)に示す。

[表16]

f= 10.66	F = 2.0	2w= 80.0	
f/f1=0.697			
f/f2=0.318			
f/f3=0.165			
[表面半径]	[面間の軸線方向距離]	[N d]	[ν d]
r 1= 78.688	d 1= 4.0	n 1= 1.49176	v 1= 57.44
r 2= 35.619	d 2= 20.0		
r 3=14640.790	d 3= 3.0	n 2= 1.69680	v 2= 55.46
r 4= 26.557	d 4= 12.0		
r 5= 72.121	d 5= 7.5	n 3= 1.80610	v 3= 33.27
r 6=-1053.580	d 6= 3.0		
r 7= 25.160	d 7= 3.0	n 4= 1.49700	v 4= 81.61
r 8= 18.035	d 8= 10.0		
r 9= -38.995	d 9= 3.0	n 5= 1.80420	v 5= 46.50
r10= 18.629	d10= 10.0	n 6= 1.68893	v 6= 31.16
r11= -91.256	d11= 8.0		
r12= 41.809	d12= 4.0	n 7= 1.84666	v 7= 23.78
r13= 137.564	d13= 11.3		
r14= -31.017	d14= 4.0	n 8= 1.49176	v 8= 57.44
r15= -18.140	d15= 1.0		
r16= -27.957	d16= 2.0	n 9= 1.84666	v 9= 23.78
r17= 69.189	d17= 7.0	n10= 1.49700	v10= 81.61
r18= -32.146	d18= 0.3		
r19= -233.851	d19= 7.0	n11= 1.77250	v11= 49.62
r20= -24.218	d20= 40.0		
r21= 0.000	d21= 7.8	n12= 1.58913	v12= 61.25
r22= -38.088	d22= 2.0		

[各面の非球面係数]

1面の非球面係数

cc= 2.94400E+000 A4= -1.66344E-006 A6= 1.46813E-009
A8= -3.67743E-013

2面の非球面係数

cc= -1.13453E-001 A4= -6.05801E-006 A6= -2.59376E-010
A8= 2.06851E-012 A10= -1.60518E-015

14面の非球面係数

cc= 5.07481E+000 A4= -3.18875E-005 A6= 3.03705E-007
A8= 1.95385E-011 A10= 8.89656E-012

15面の非球面係数

cc= 4.39672E-001 A4= 2.55145E-005 A6= 2.13631E-007
A8= 1.03601E-009 A10= 2.51794E-012

【0267】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、レンズ構成を適切に設定することにより、投写距離が短

(表16)中の各記号は実施例1で示した(表1)と同じである。図35は、実施例16における各種収差を示す図であり、図3と同様に、球面収差、非点収差、歪曲収差、軸上の色収差、倍率の色収差を示している。図35中の各線は図3中の各線と同じものを示している。

【0266】

くて、バックフォーカスが長く、色のにじみの少ない、歪みの少ない画像を実現できる投写レンズを提供することができる。また本発明は、そのような投写レンズを用

いることにより、明るく高画質な大画面映像をコンパクトに実現できる投写型表示装置、リアプロジェクタ、マルチビジョンシステムを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1にかかる投写レンズの概略構成を示す構成図

【図2】実施例1にかかる投写レンズの構成図

【図3】実施例1における各種収差を示す図

【図4】実施例2に係わる投写レンズの構成図

【図5】実施例2における各種収差を示す図

【図6】本発明の実施の形態2にかかる投写レンズの概略構成を示す構成図

【図7】空間光変調素子における表示領域の中心部分を拡大して示す図

【図8】実施例3にかかる投写レンズの構成図

【図9】実施例3における各種収差を示す図

【図10】実施例4にかかる投写レンズの構成図

【図11】実施例4における各種収差を示す図

【図12】本発明の実施の形態3にかかる投写レンズの構成図

【図13】実施例5における各種収差を示す図

【図14】本発明の実施の形態4にかかる投写レンズの構成図

【図15】実施例6における各種収差を示す図

【図16】実施例7にかかる投写レンズの構成図

【図17】実施例7における各種収差を示す図

【図18】本発明の実施の形態5にかかる投写レンズの構成図

【図19】実施例8における各種収差を示す図

【図20】実施例9にかかる投写レンズの構成図

【図21】実施例9における各種収差を示す図

【図22】実施例10にかかる投写レンズの構成図

【図23】実施例10における各種収差を示す図

【図24】本発明の実施の形態6にかかる投写レンズの構成図

【図25】実施例11における各種収差を示す図

【図26】実施例12にかかる投写レンズの構成図

【図27】実施例12における各種収差を示す図

【図28】本発明の実施の形態7にかかる投写レンズの構成図

【図29】実施例13における各種諸収差を示す図

【図30】本発明の実施の形態8にかかる投写レンズの構成図

【図31】実施例14における各種収差を示す図

【図32】実施例15にかかる投写レンズの構成図

【図33】実施例15における各種収差を示す図

【図34】実施例16にかかる投写レンズの構成図

【図35】実施例16における各種収差を示す図

【図36】本発明の実施の形態9にかかる投写型表示装置を示す構成図

【図37】本発明の実施の形態10にかかる投写型表示装置

【図38】本発明の実施の形態11にかかるリアプロジェクタの構成図

【図39】本発明の実施の形態12にかかるマルチビジョンシステムの構成図

【図40】DMDの各画素を構成する微少ミラーの動作状態を示す図

【図41】従来のDMD素子を用いた投写型表示装置を示す図

【図42】従来の投写光学系を非テレセントリック系とした投写型表示装置を示す図

【符号の説明】

106 空間光変調素子

107 投写レンズ

108 照明光学系の出射瞳

109 投写レンズの入射瞳

110a、110b、110c 照明光学系の出射瞳から出射した光束

111 第1レンズ群

112 第2レンズ群

113 第3レンズ群

114a、114b、114c 空間光変調素子からの反射光

115 空間光変調素子の光軸

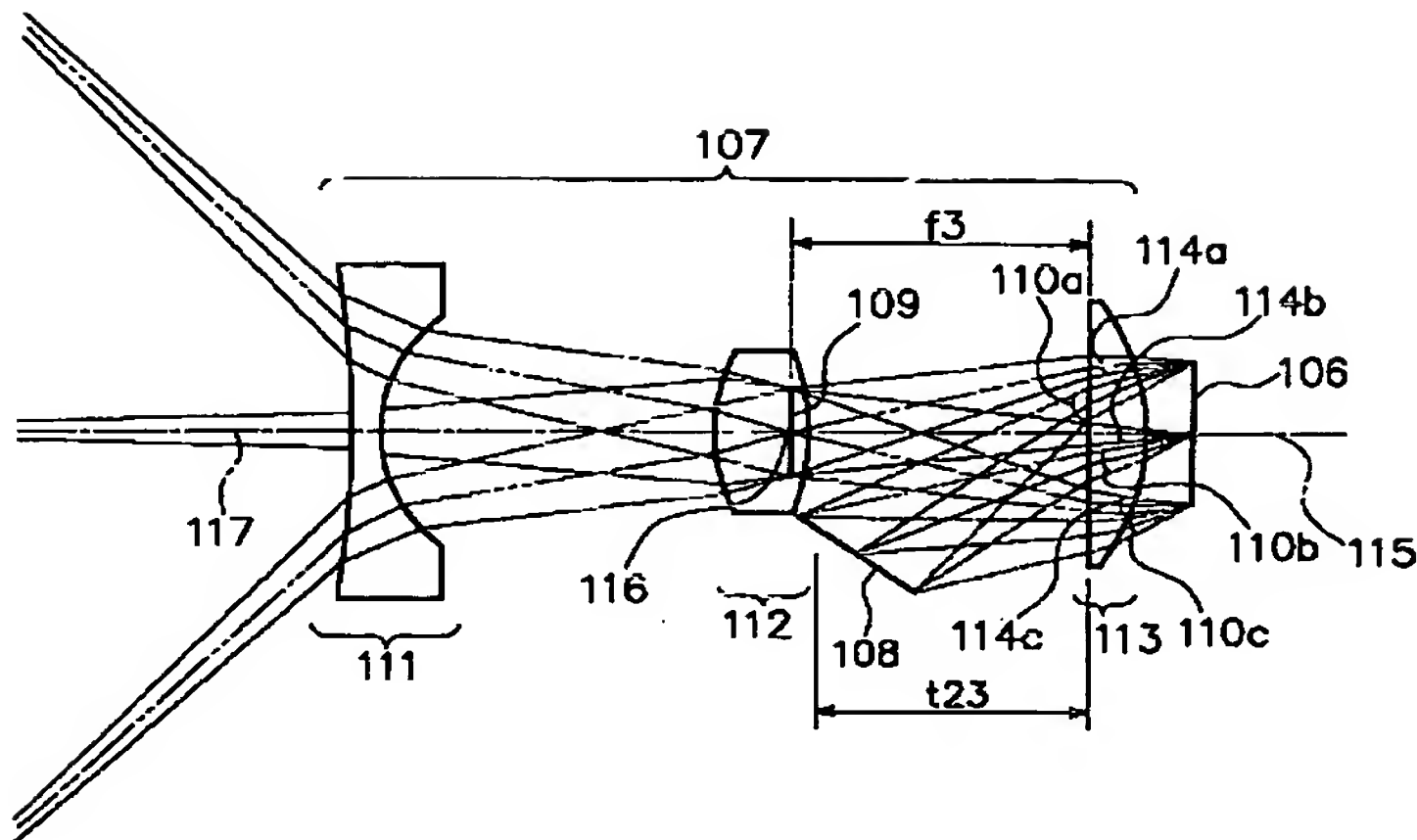
116 第3レンズ群の焦点

117 投写レンズの光軸

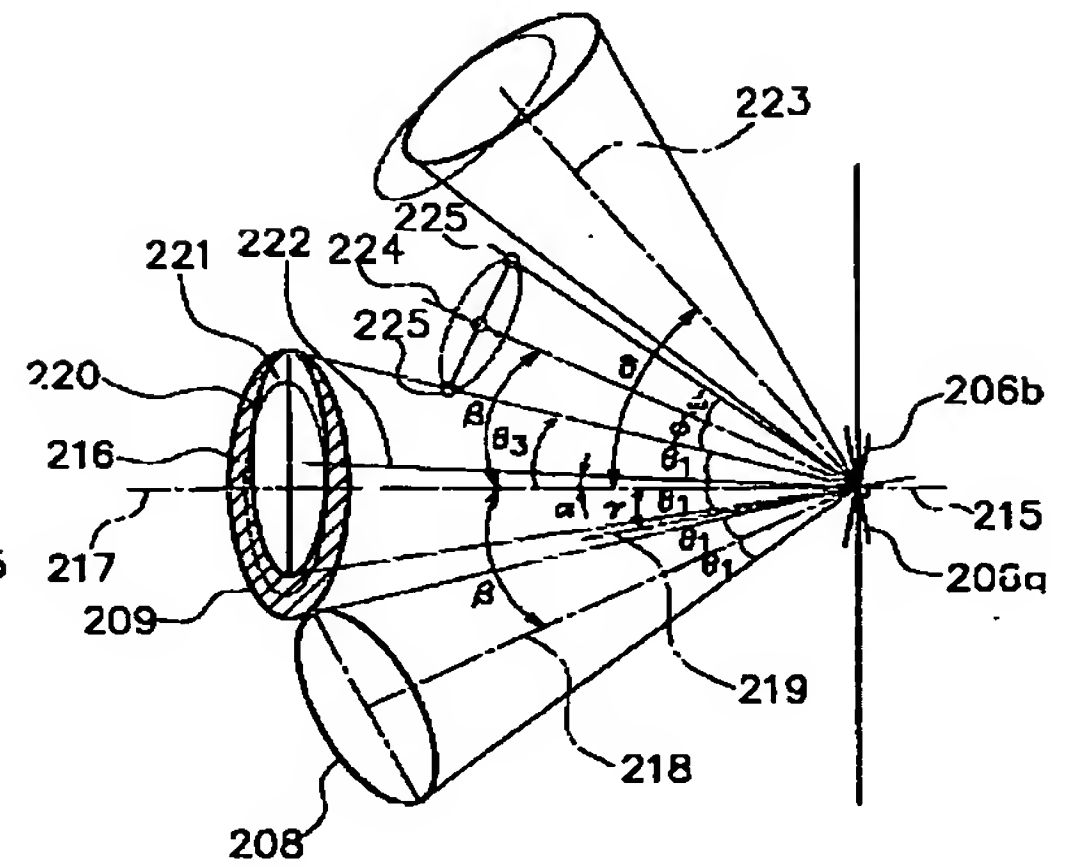
t23 第2レンズ群と第3レンズ群との距離

f3 第3レンズ群の焦点距離

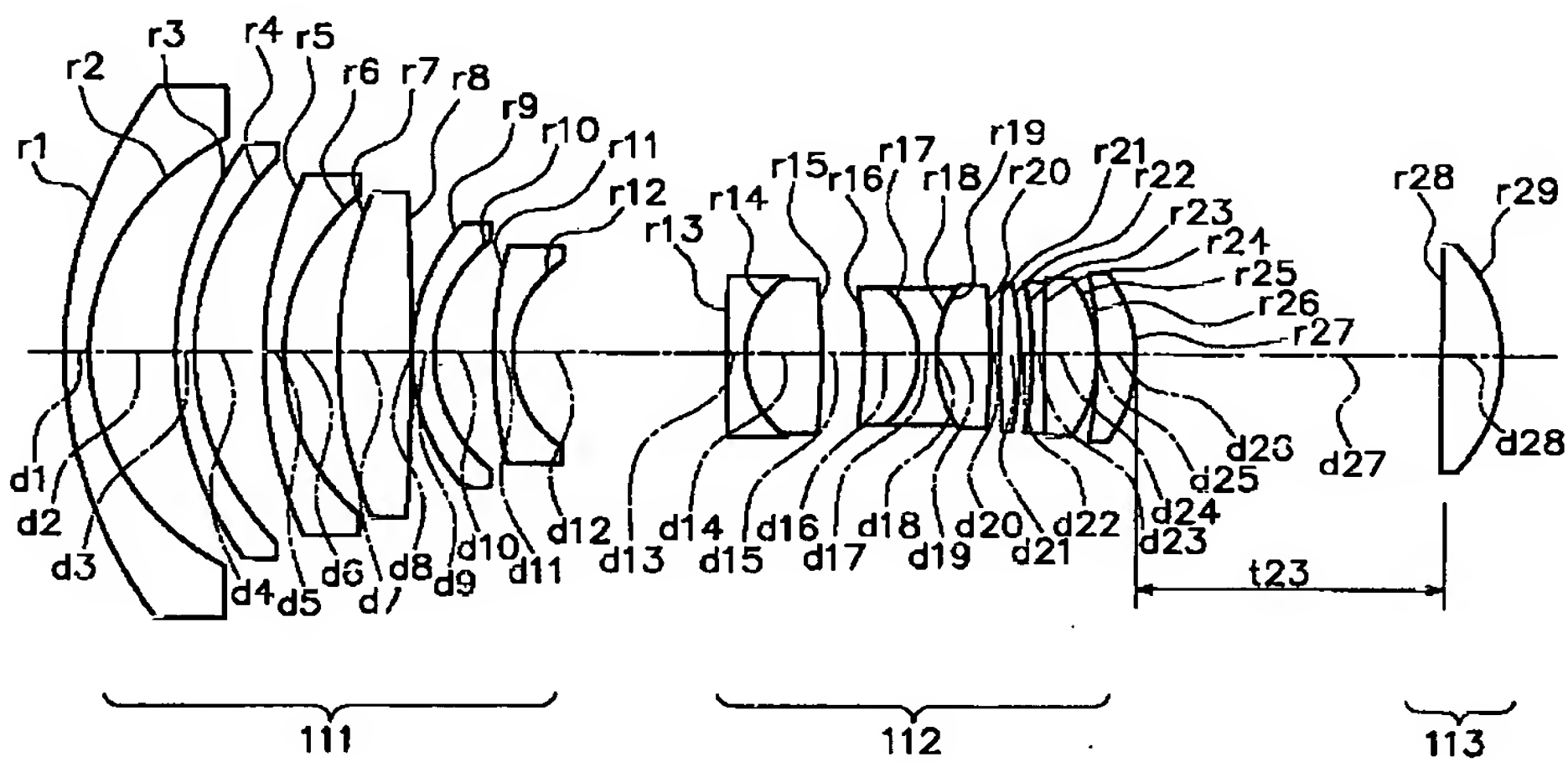
【図1】



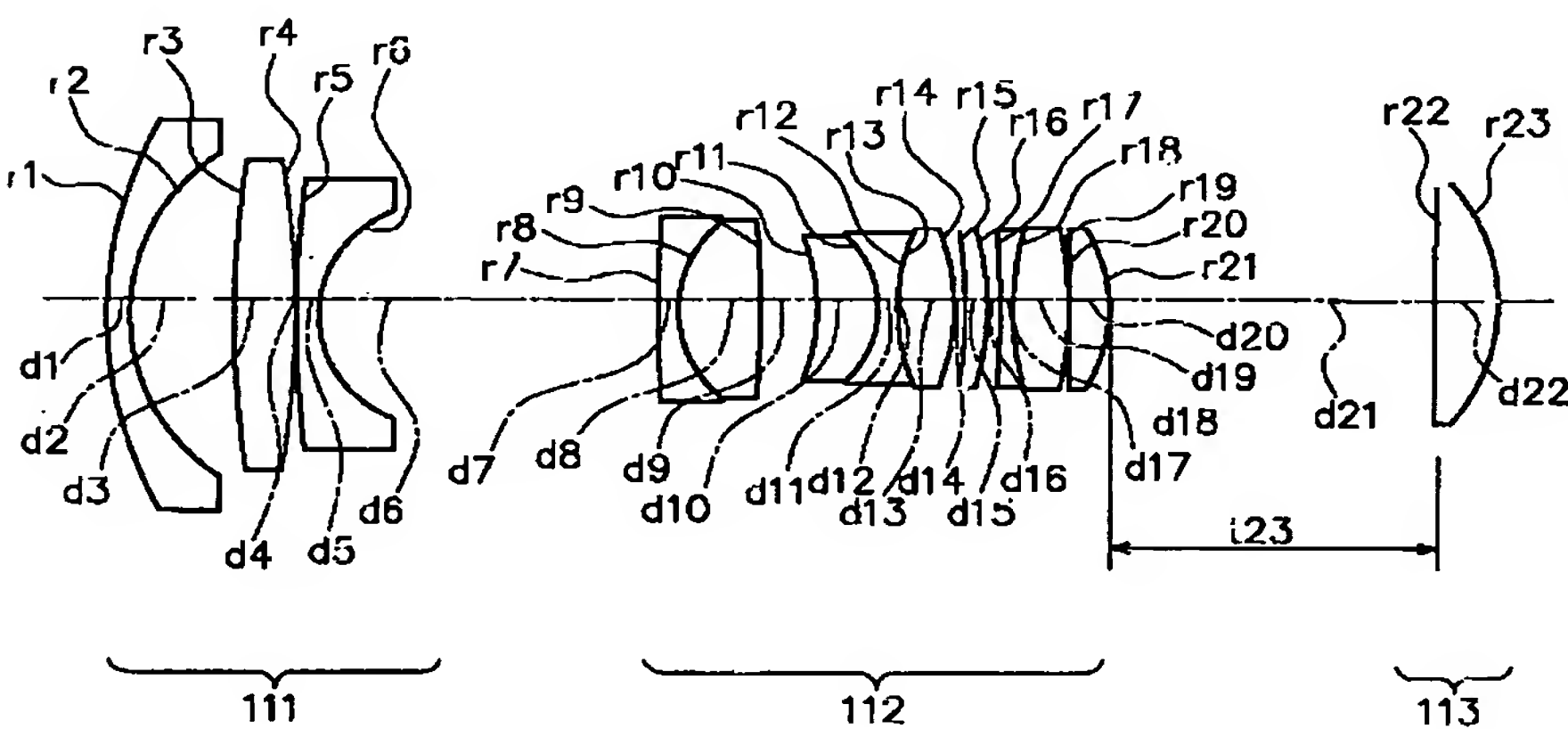
【図7】



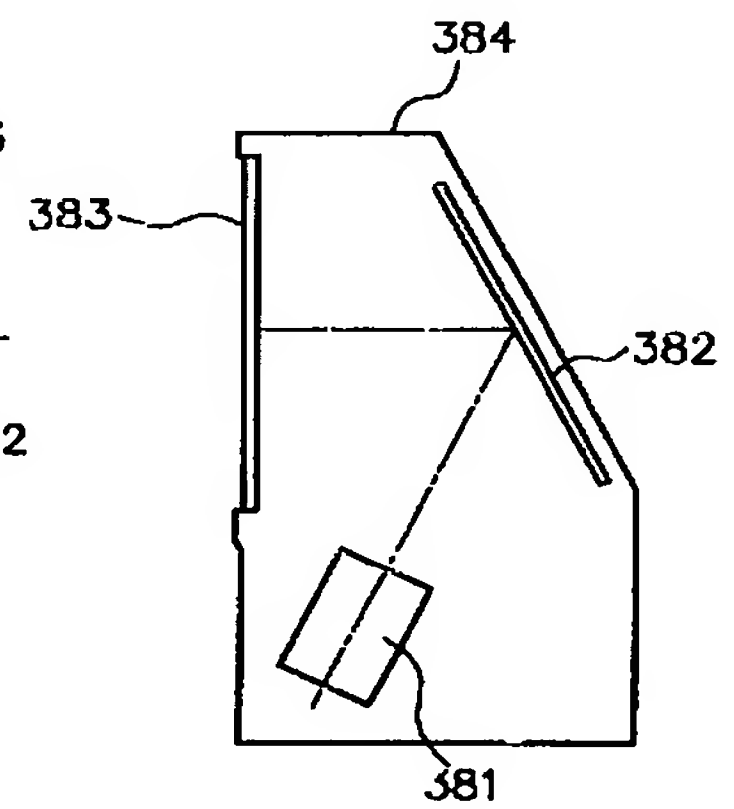
【図2】



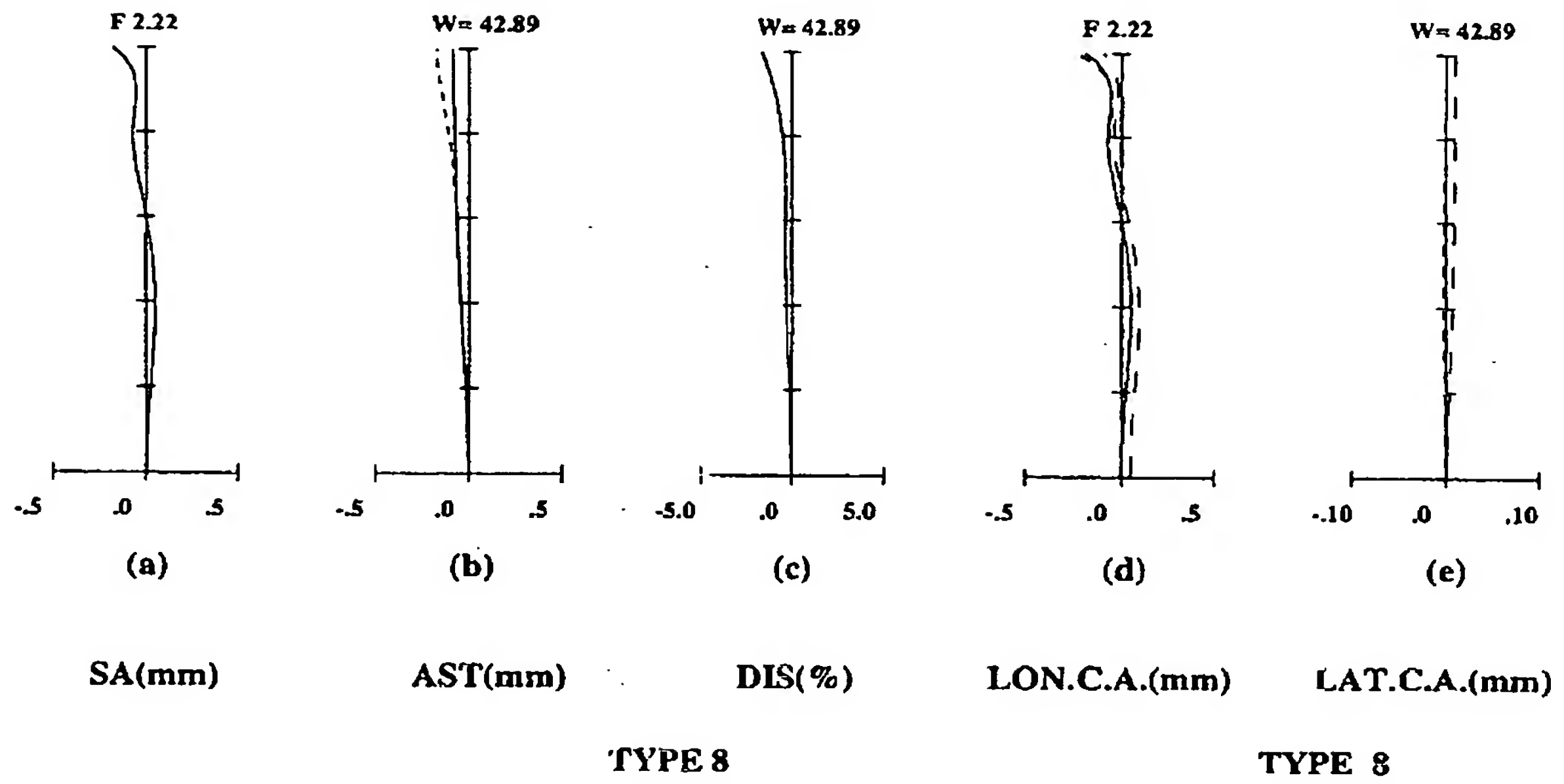
【図4】



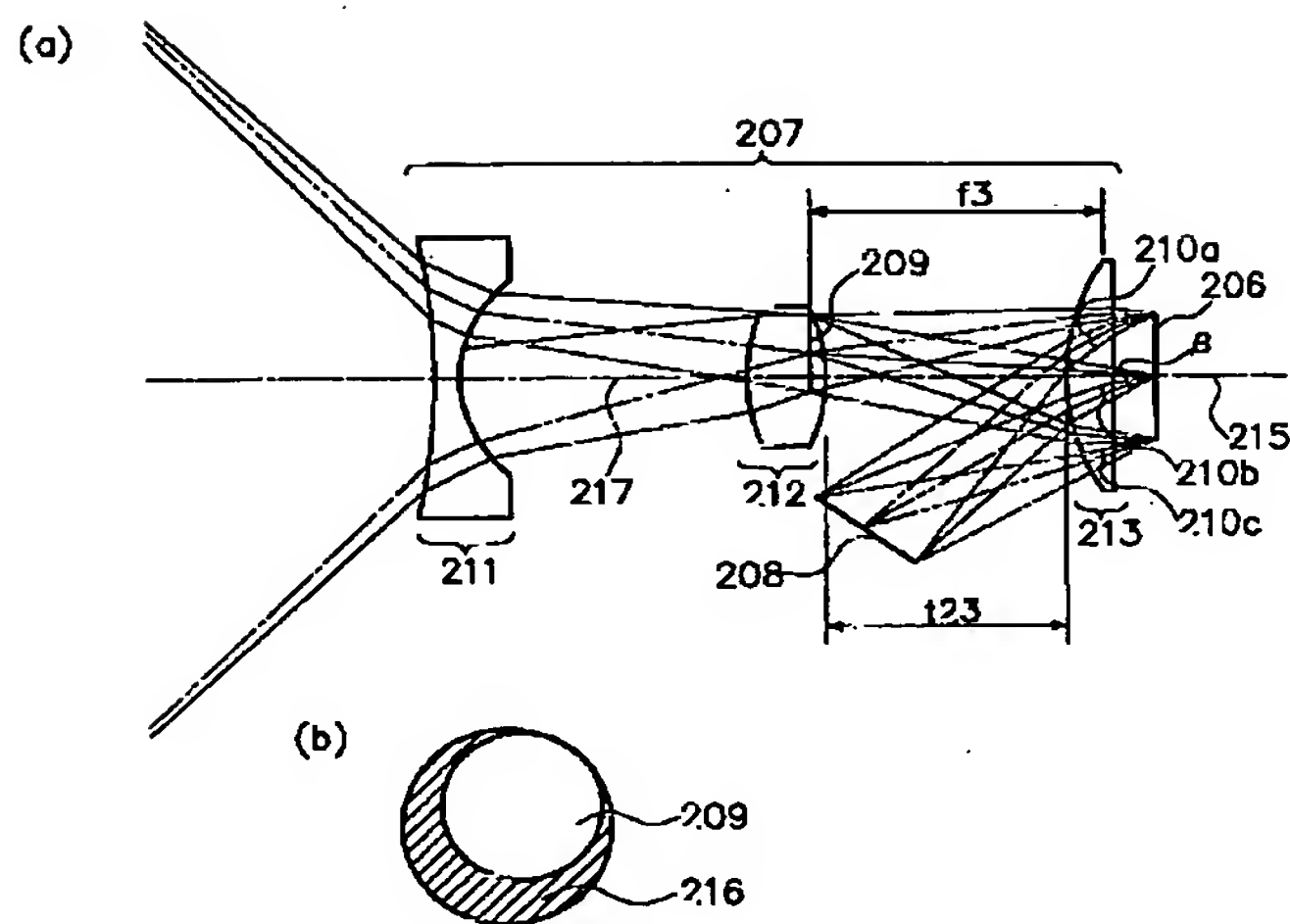
【図38】



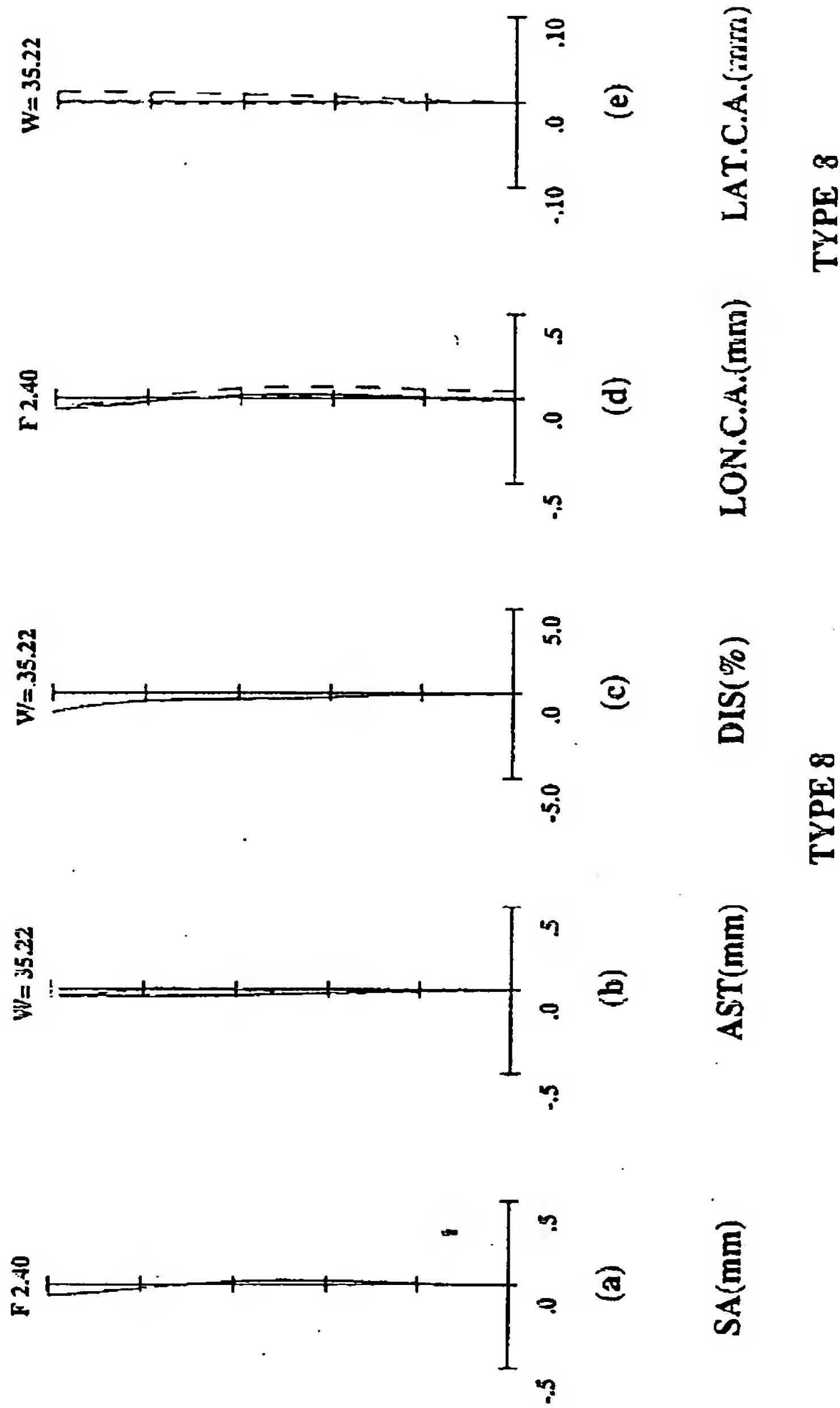
【図 3】



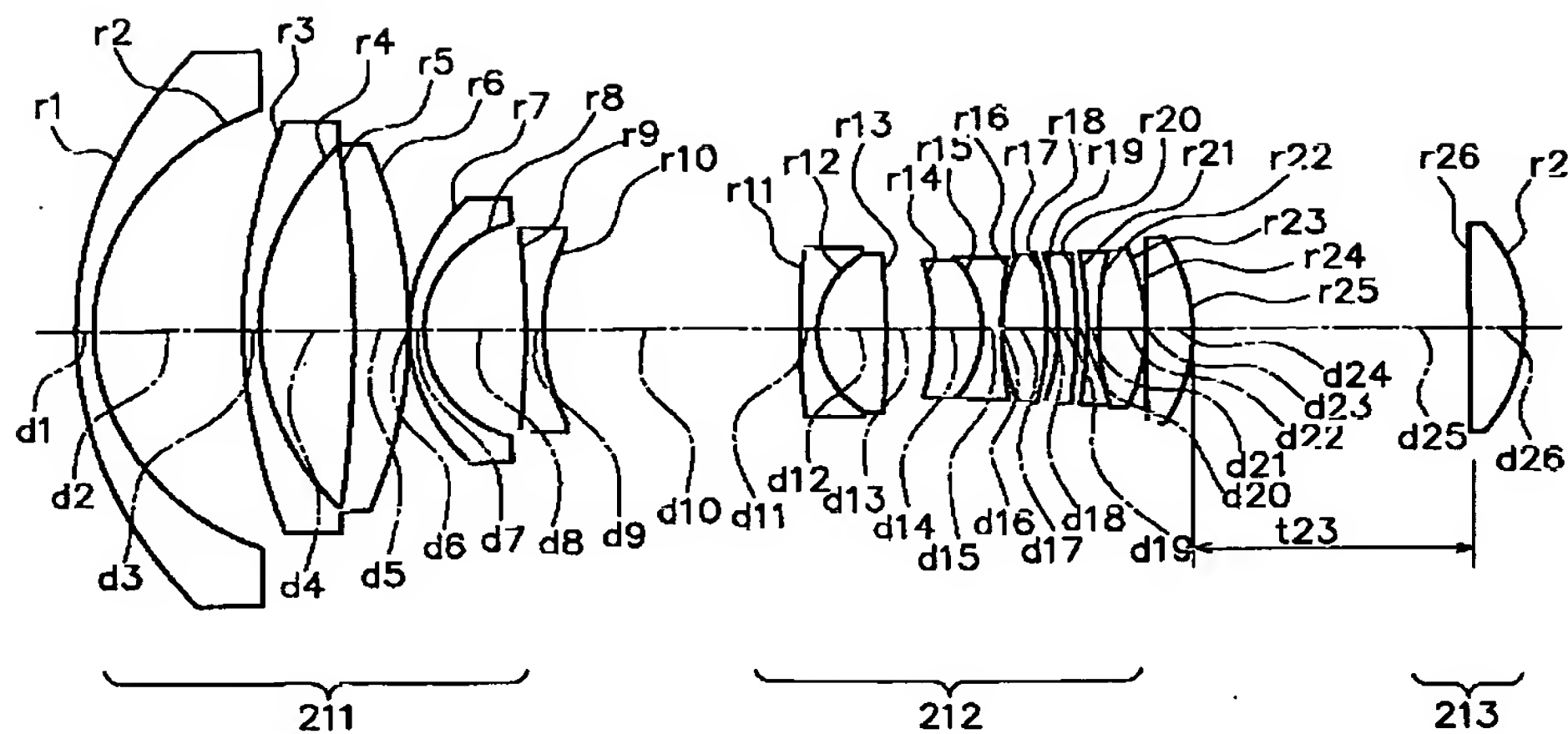
【図 6】



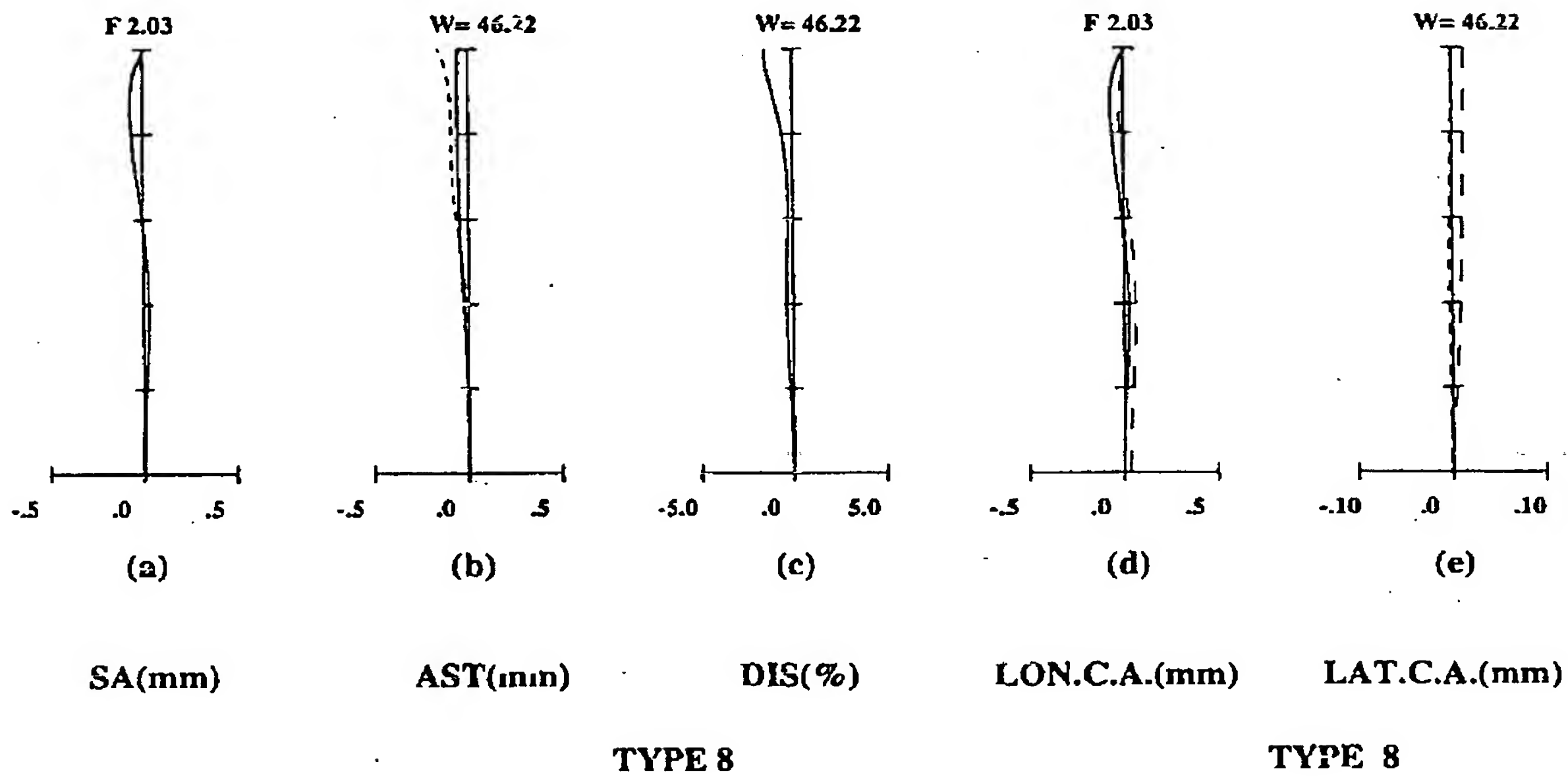
【図5】



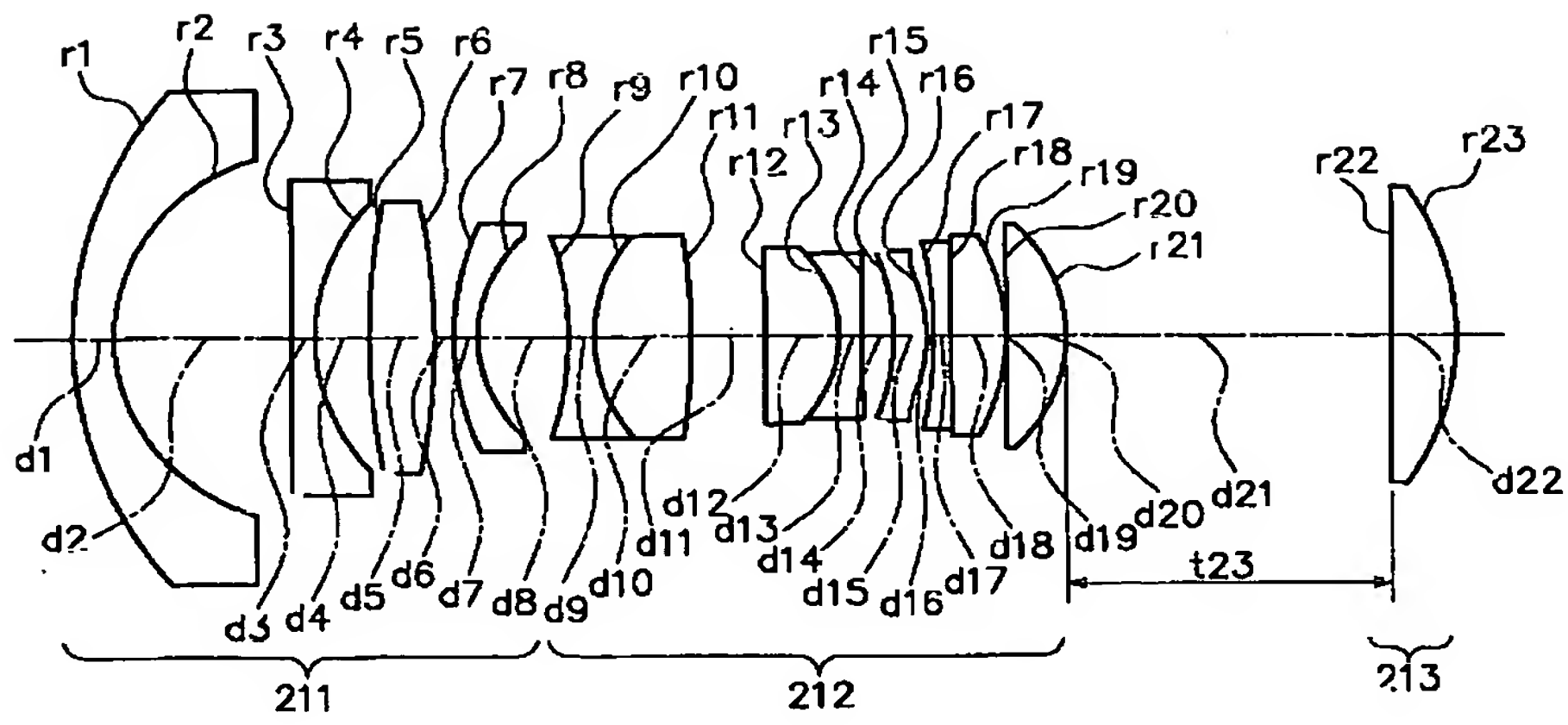
【図8】



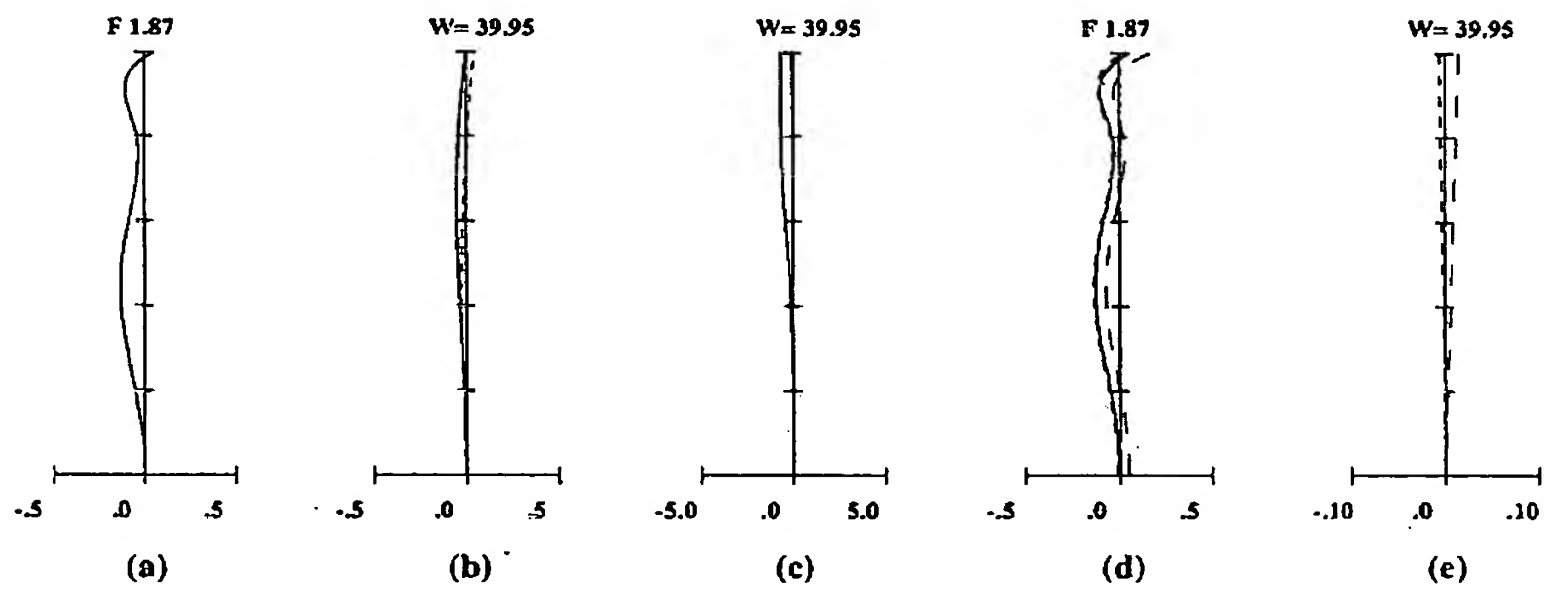
【図9】



【図10】



【図11】



SA(mm)

AST(mm)

DIS(%)

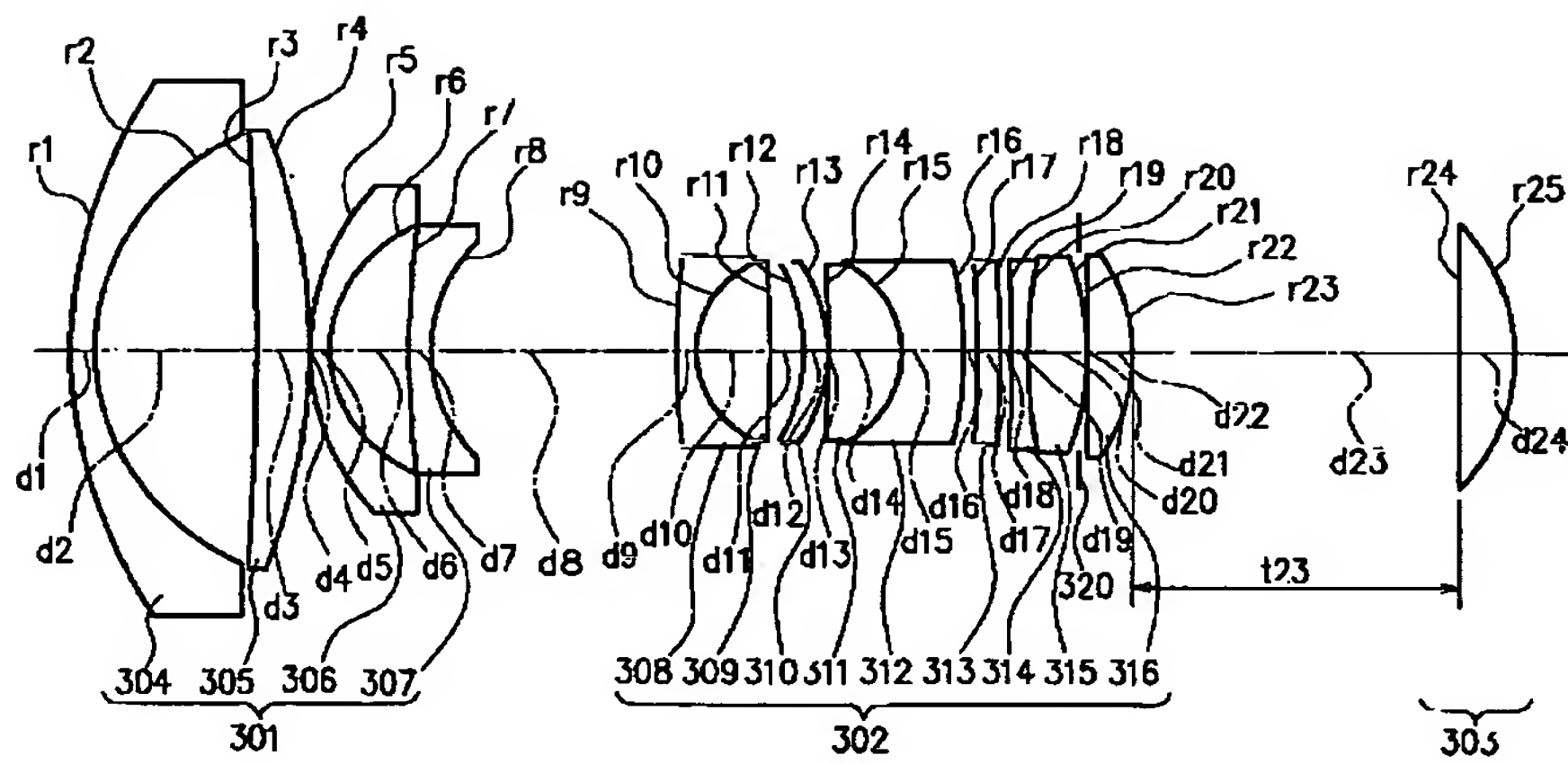
LON.C.A.(mm)

LAT.C.A.(mm)

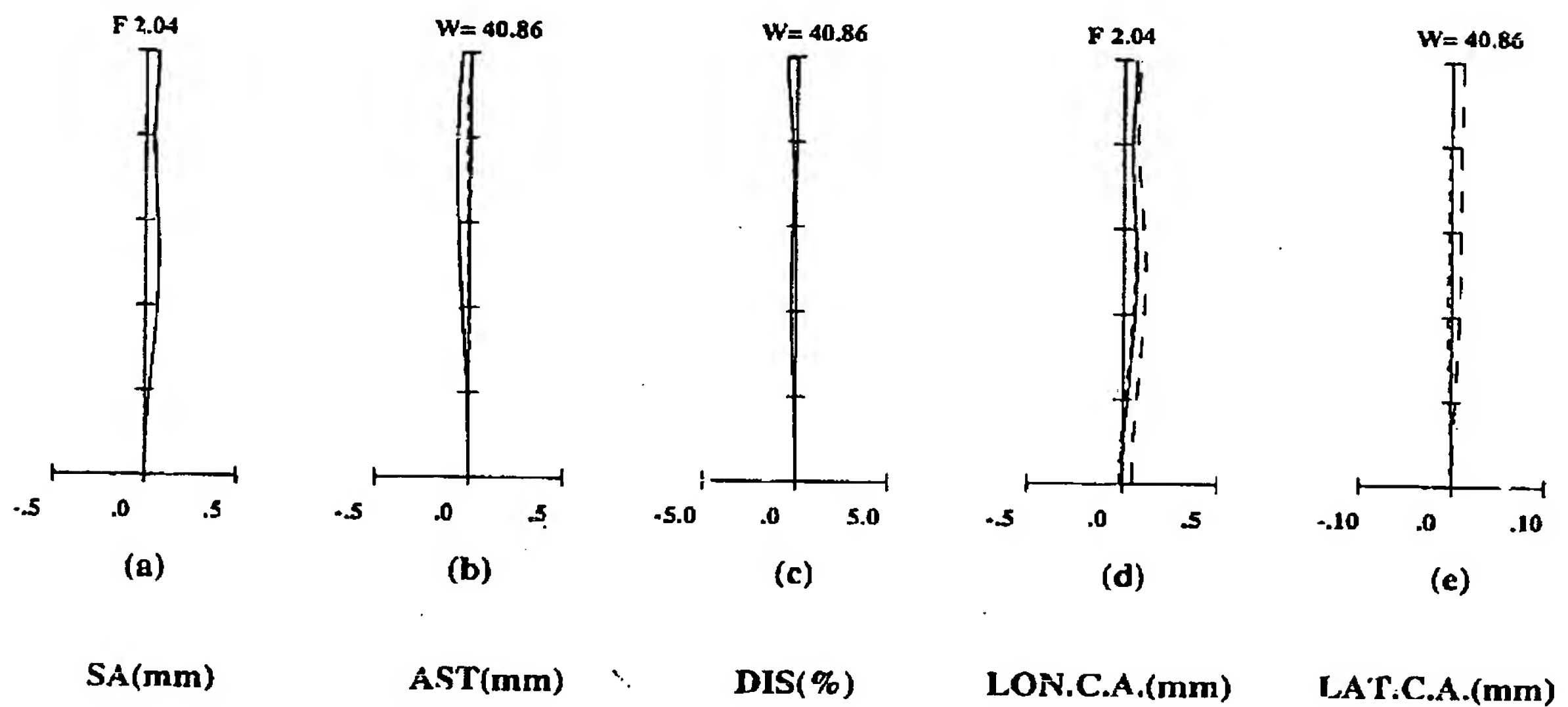
TYPE 8

TYPE 8

【図12】



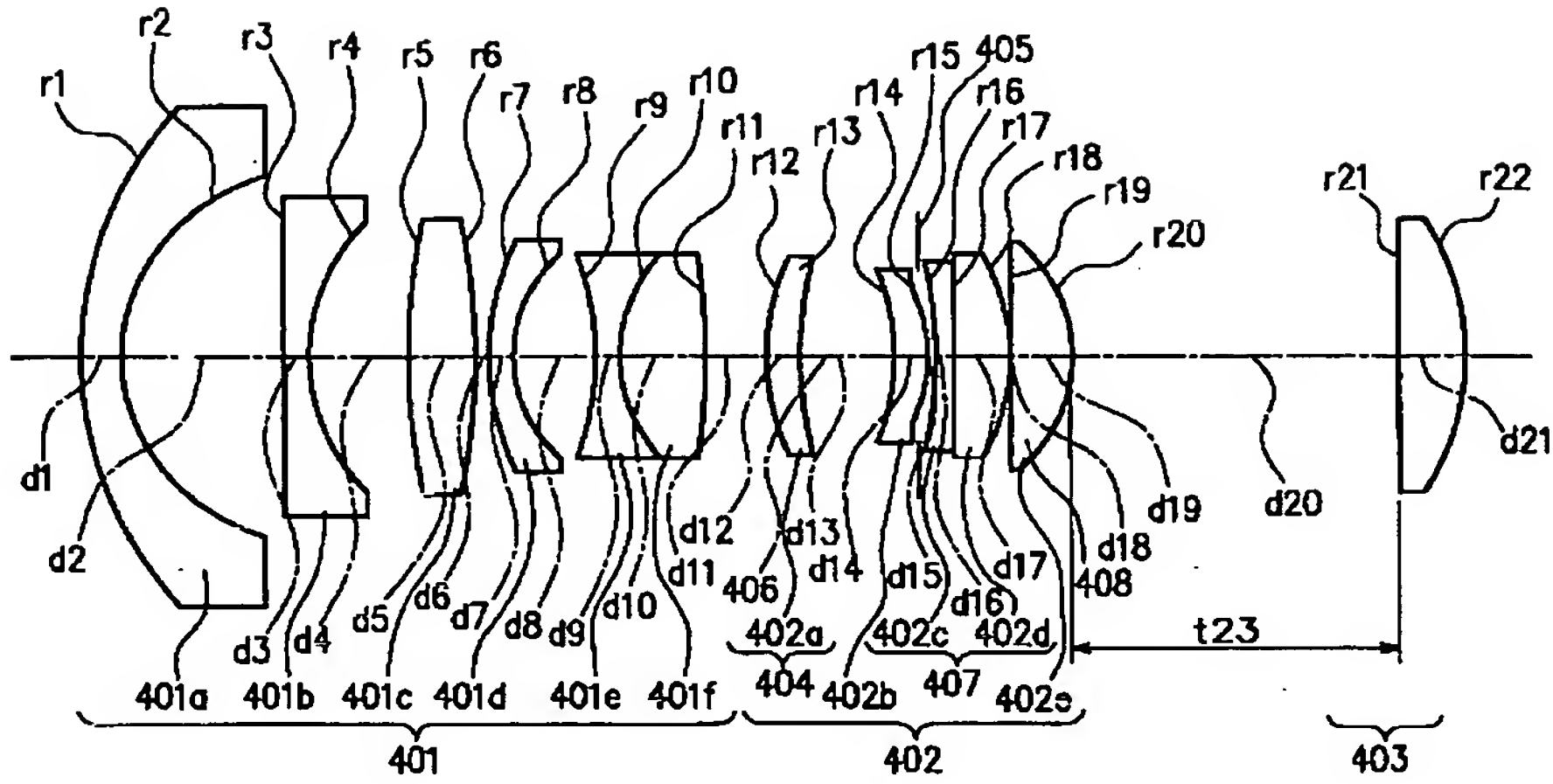
【図13】



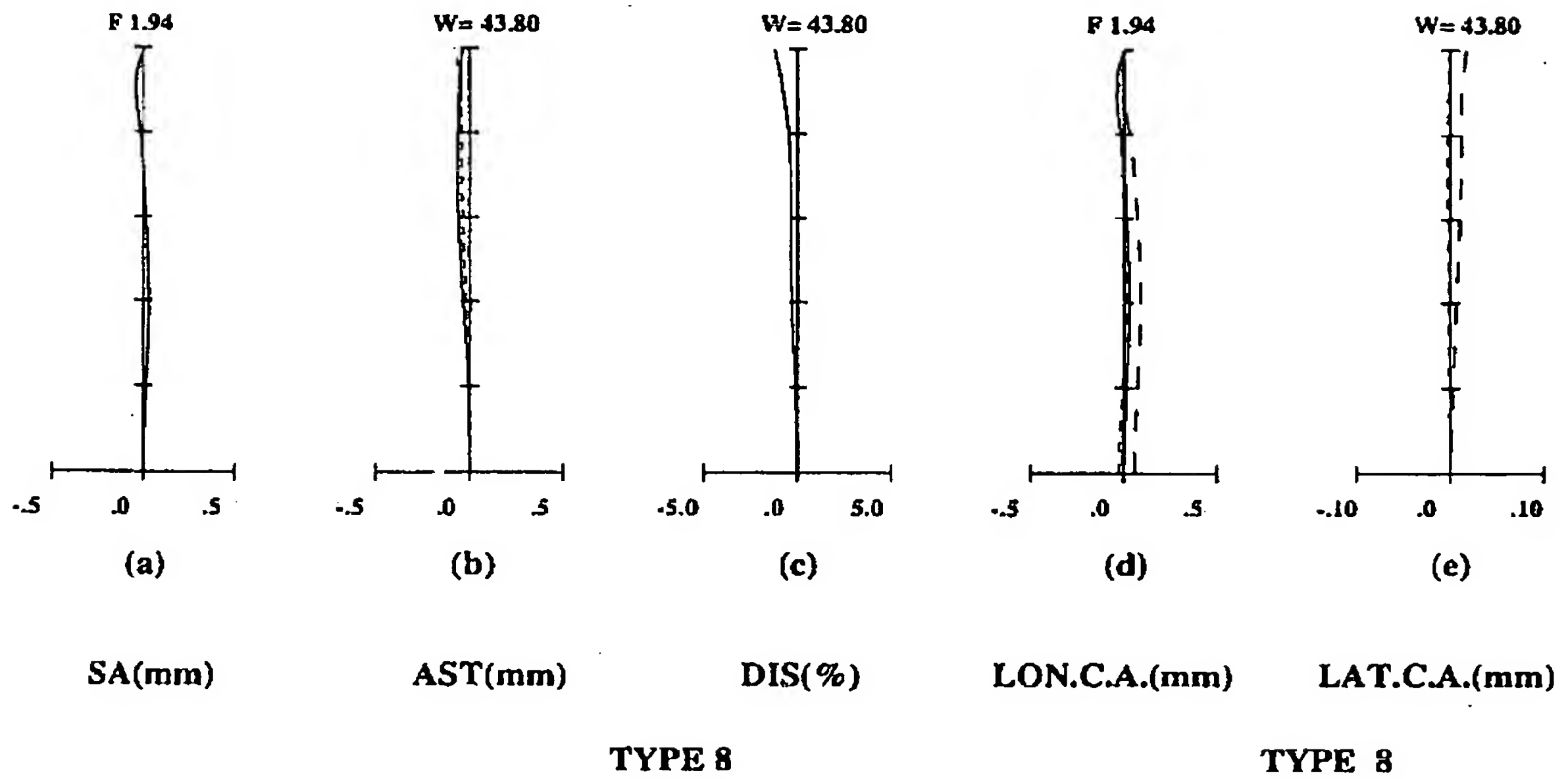
TYPE 8

TYPE 8

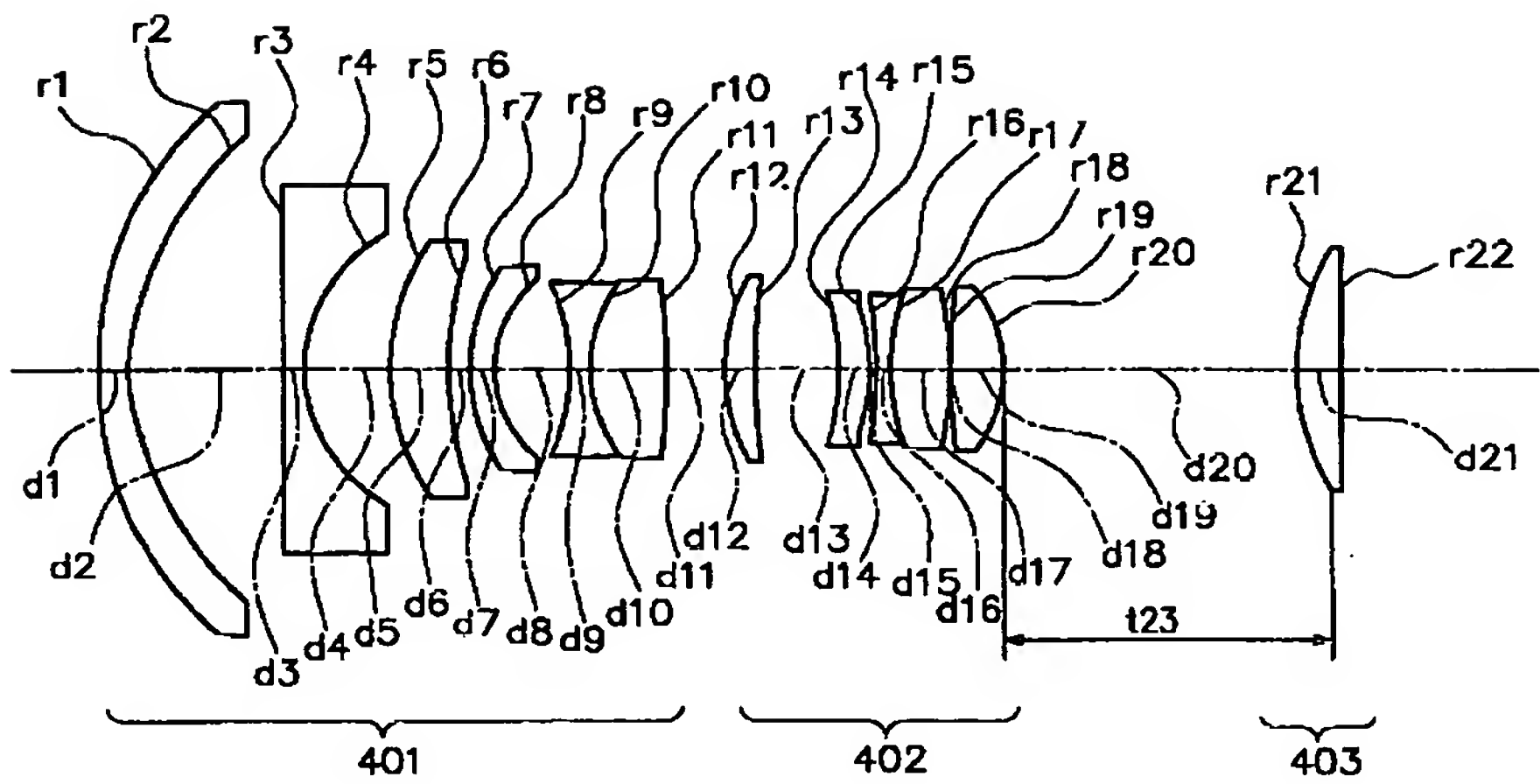
【図14】



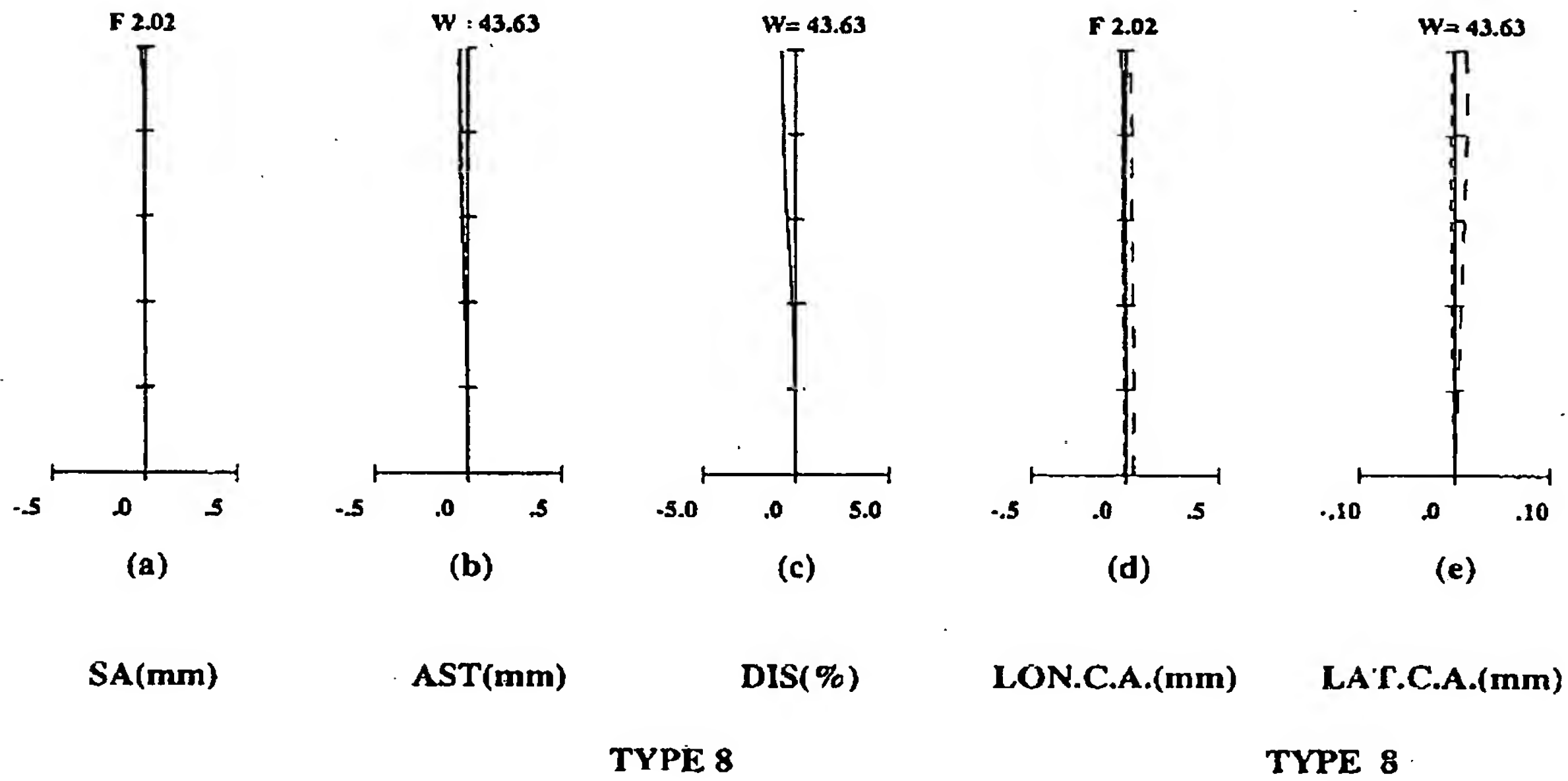
【図15】



【図16】



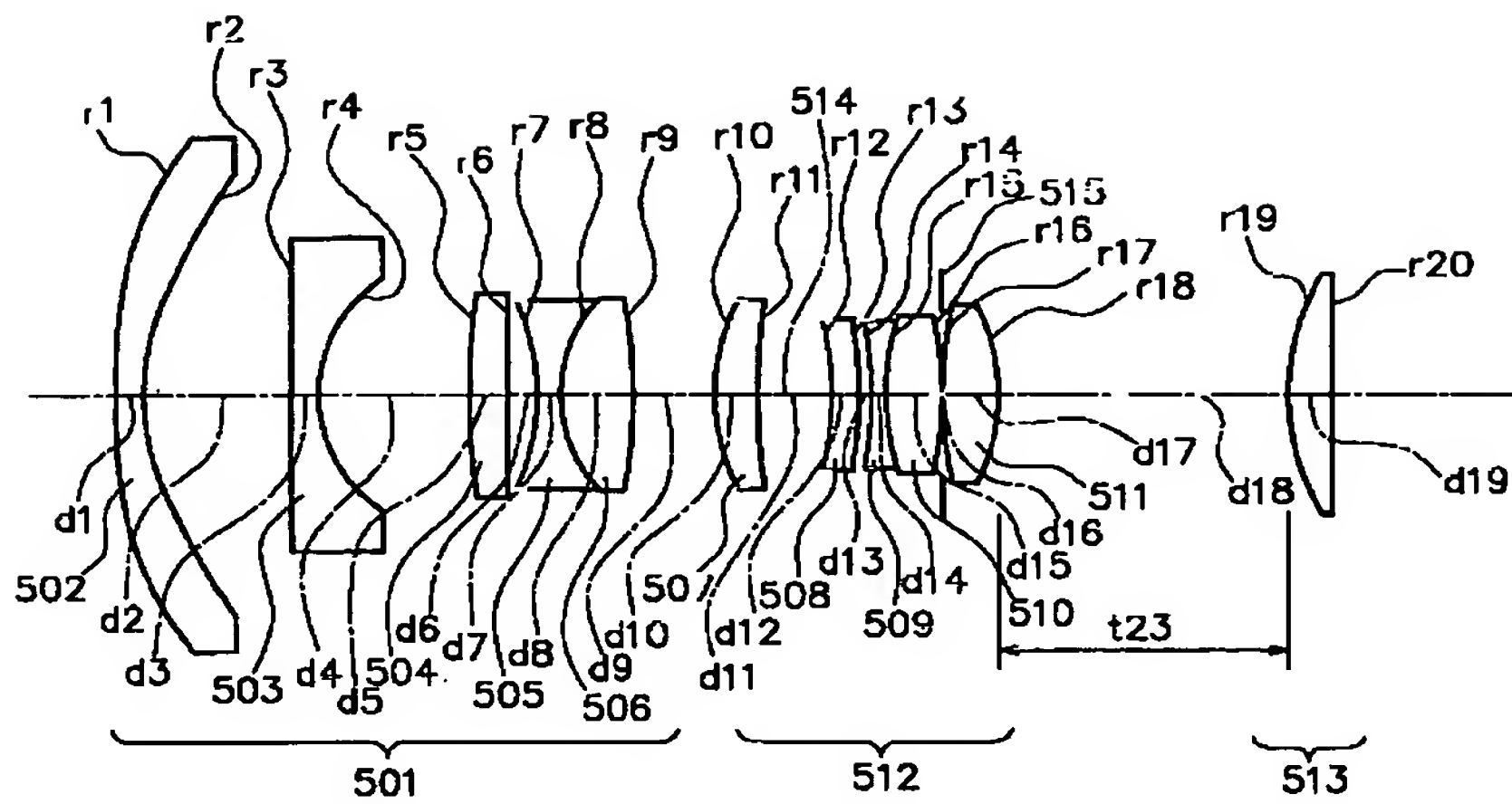
【図17】



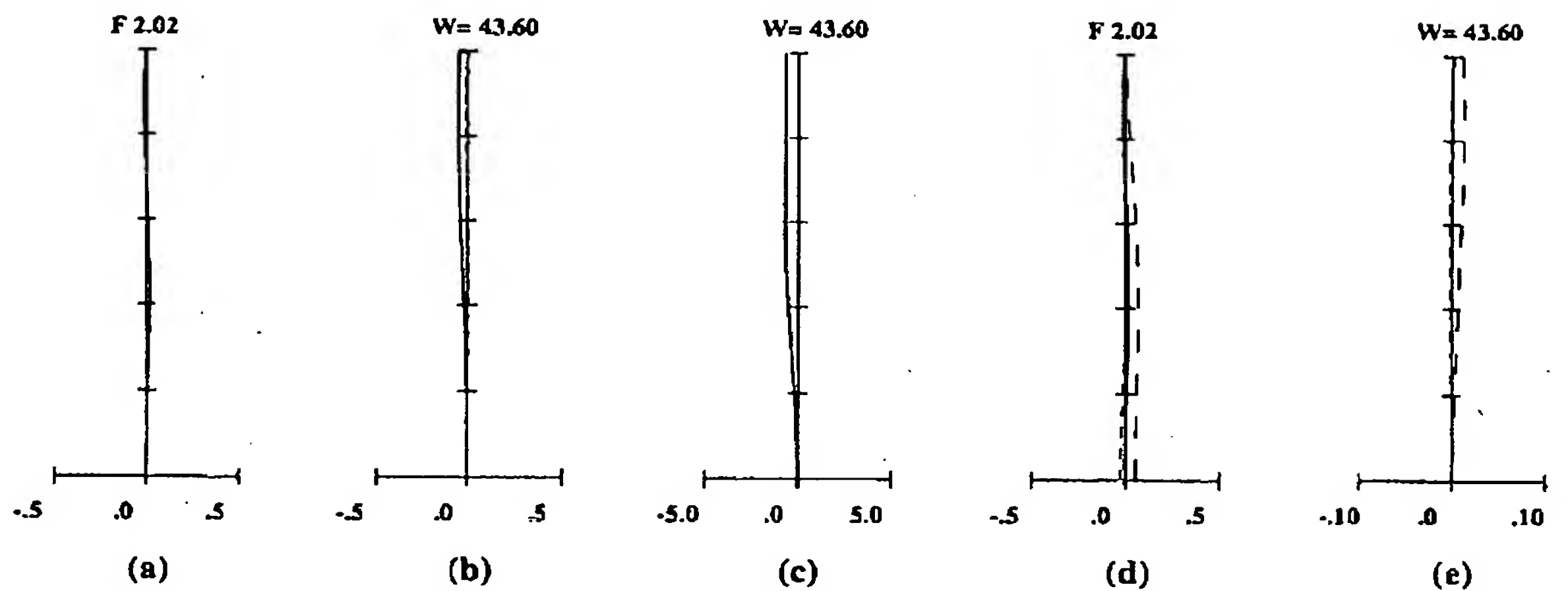
TYPE 8

TYPE 8

【図18】



【図19】



SA(mm)

AST(mm)

DIS(%)

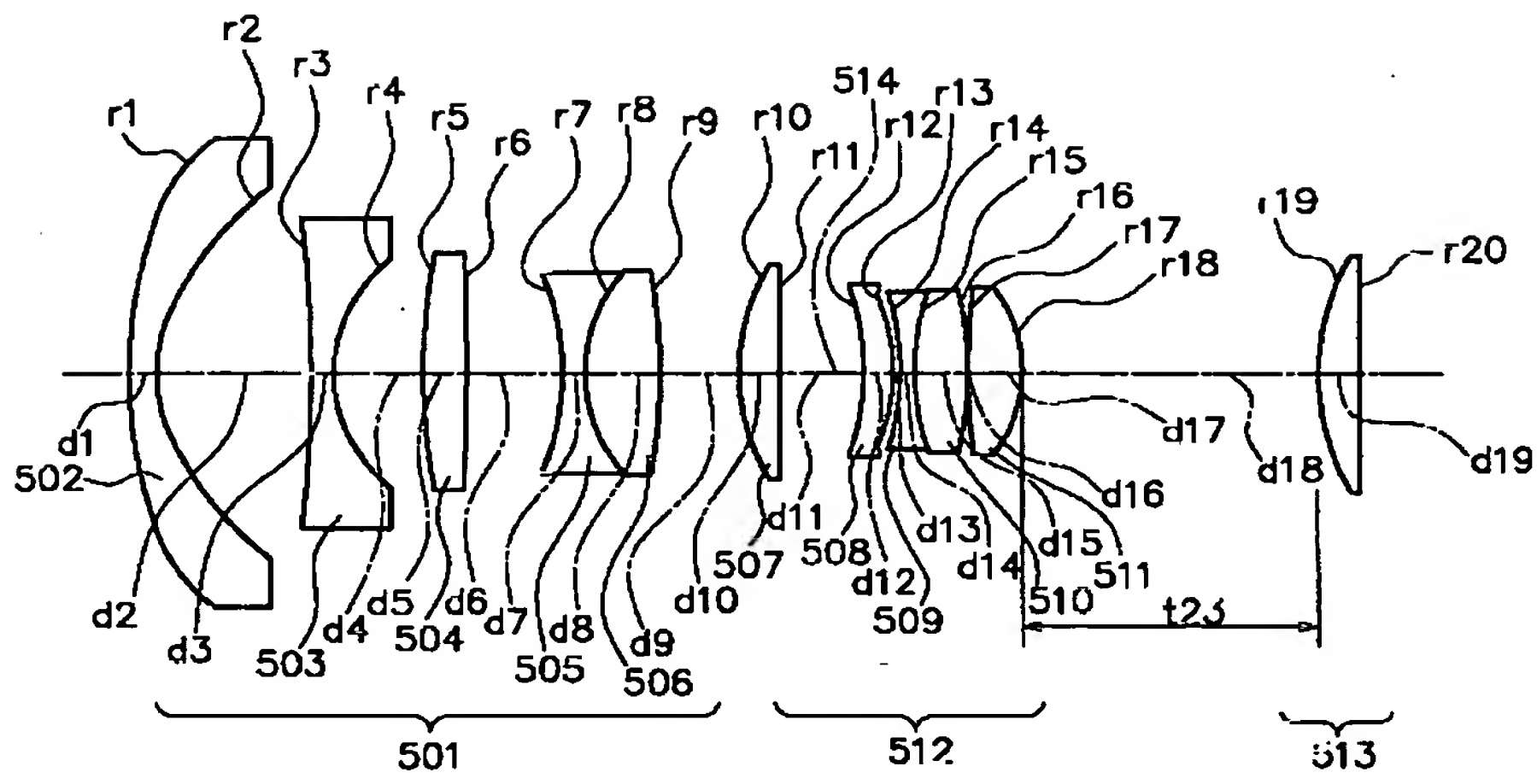
LON.C.A.(mm)

LAT.C.A.(mm)

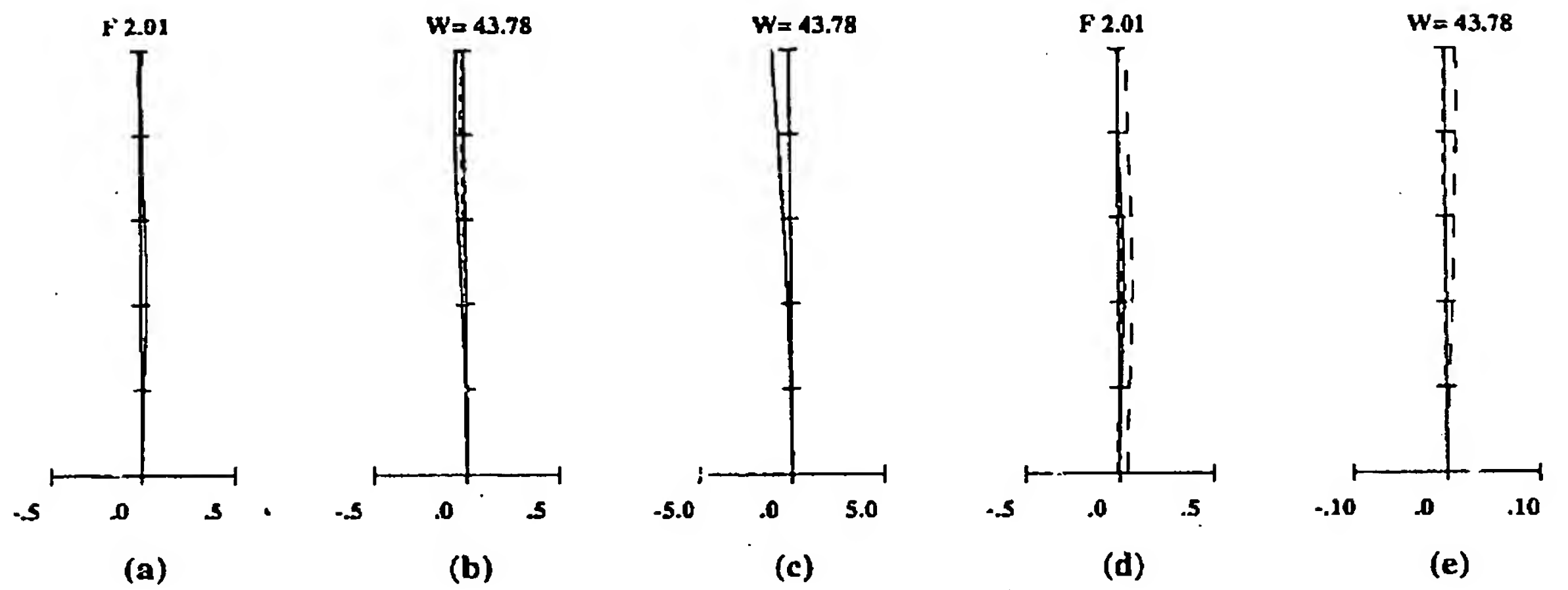
TYPE 8

TYPE 8

【図20】



【図21】



SA(mm)

AST(mm)

DIS(%)

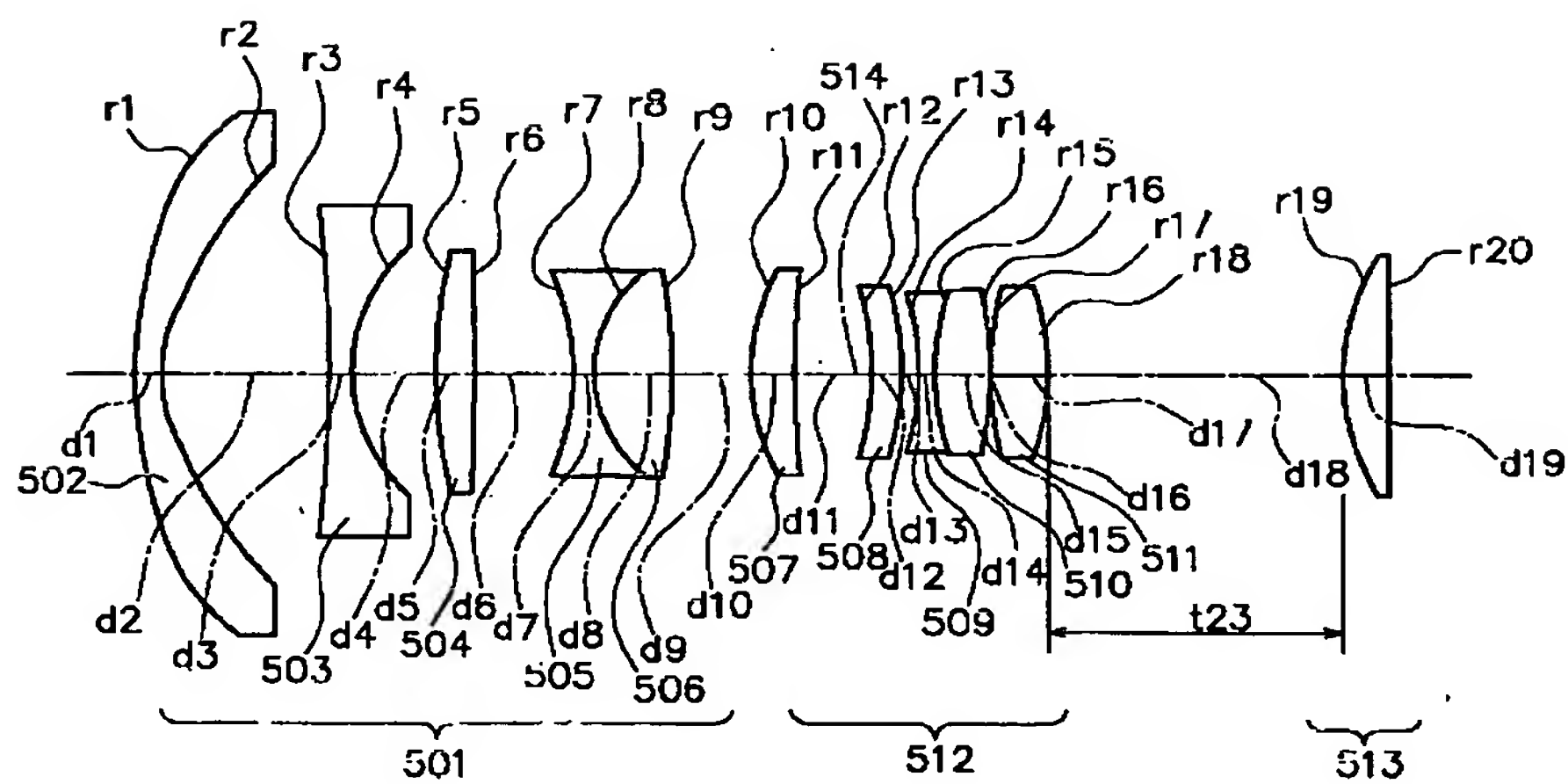
LON.C.A.(mm)

LAT.C.A.(mm)

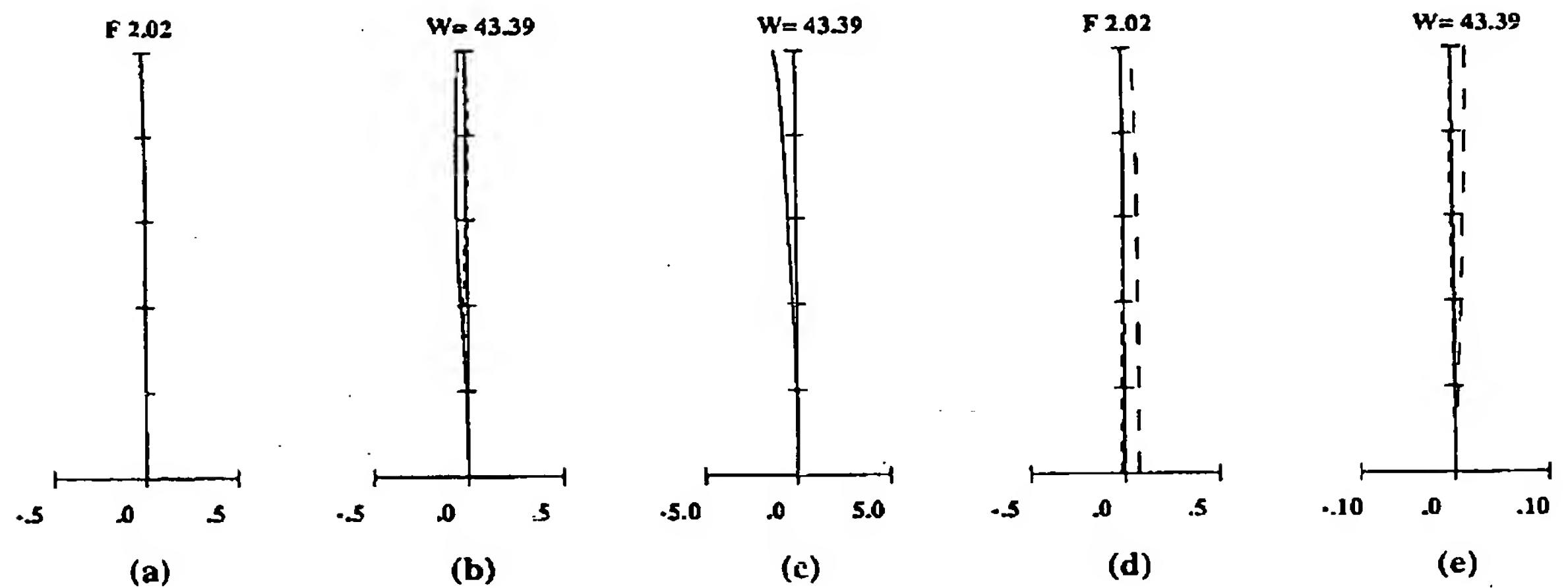
TYPE 8

TYPE 8

【図 22】



【図 23】



SA(mm)

AST(min)

DIS(%)

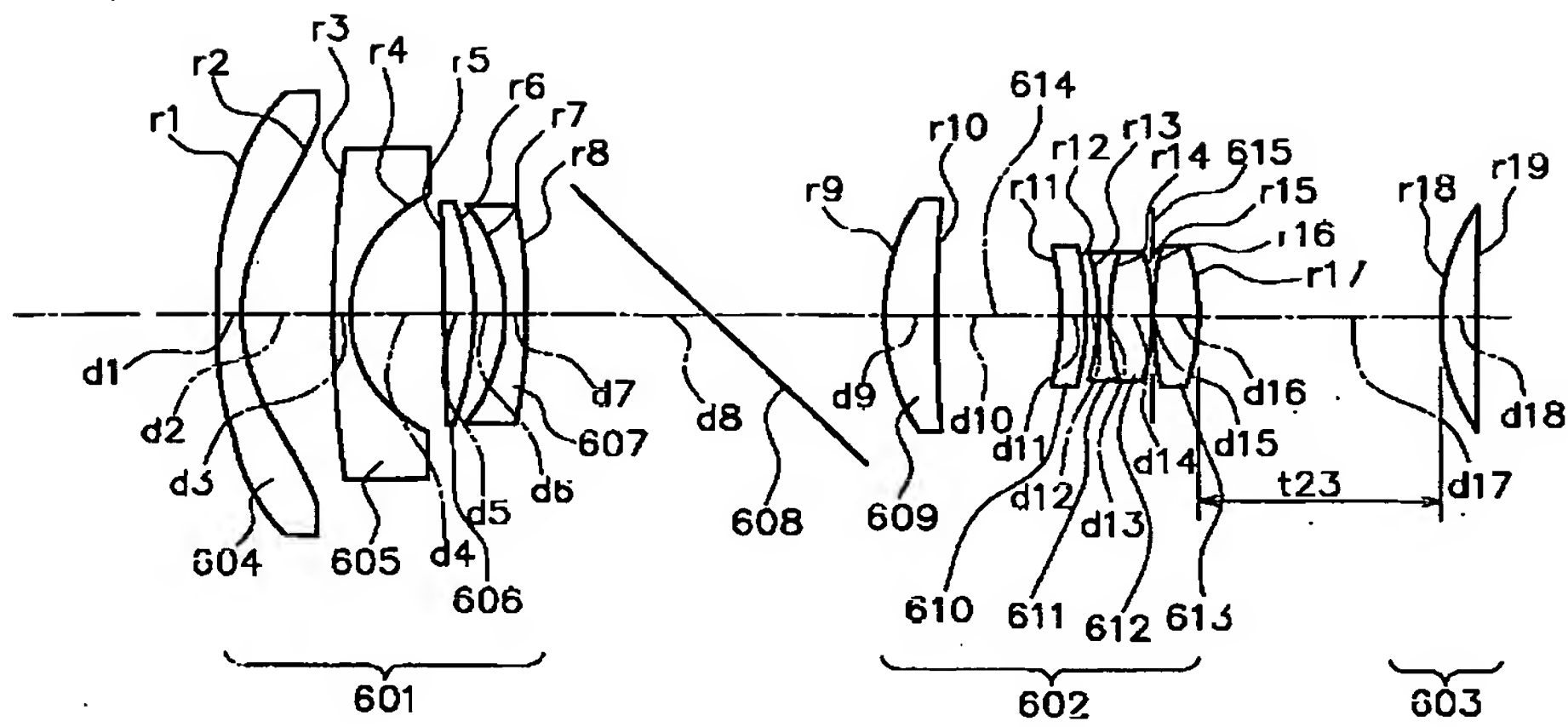
LON.C.A.(mm)

LAT.C.A.(mm)

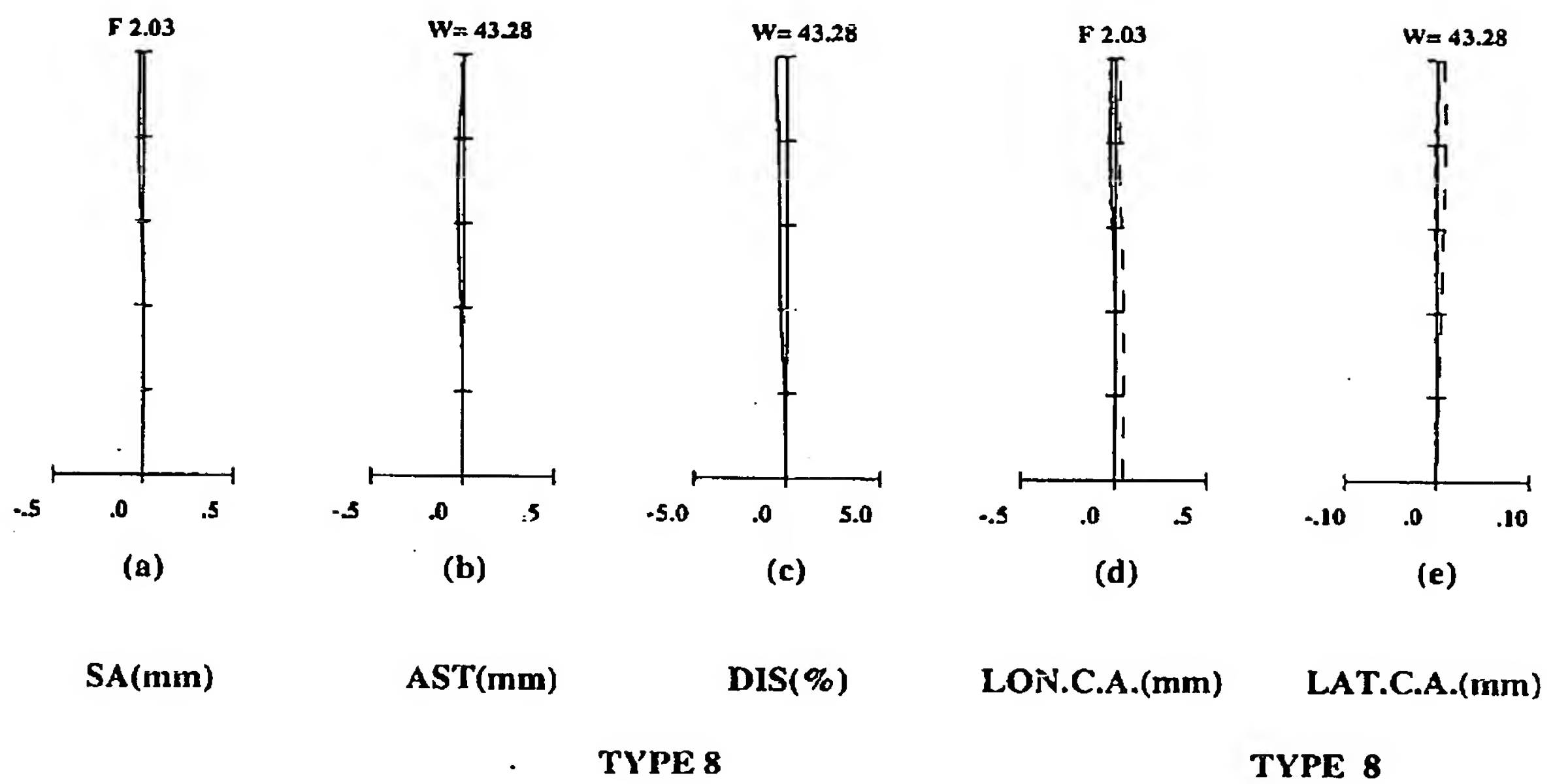
TYPE 8

TYPE 8

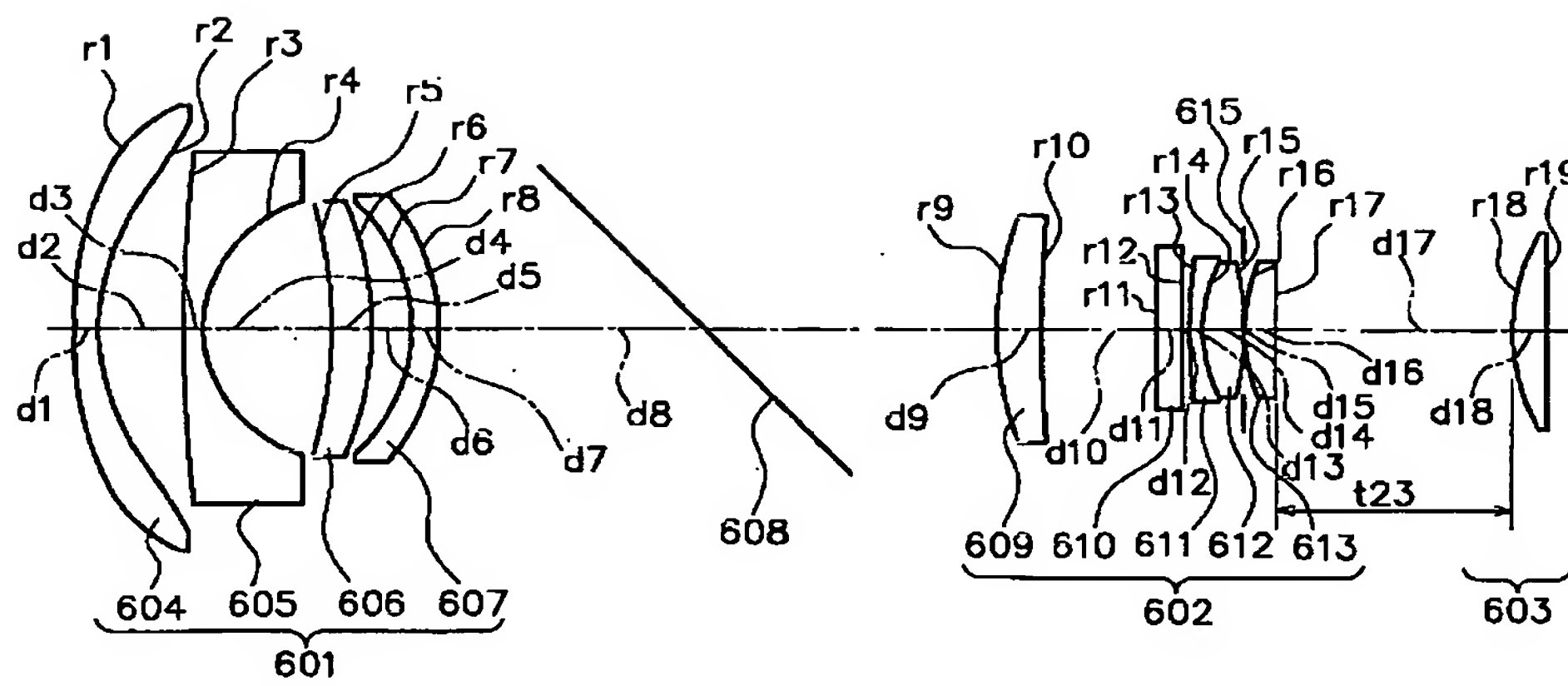
【図24】



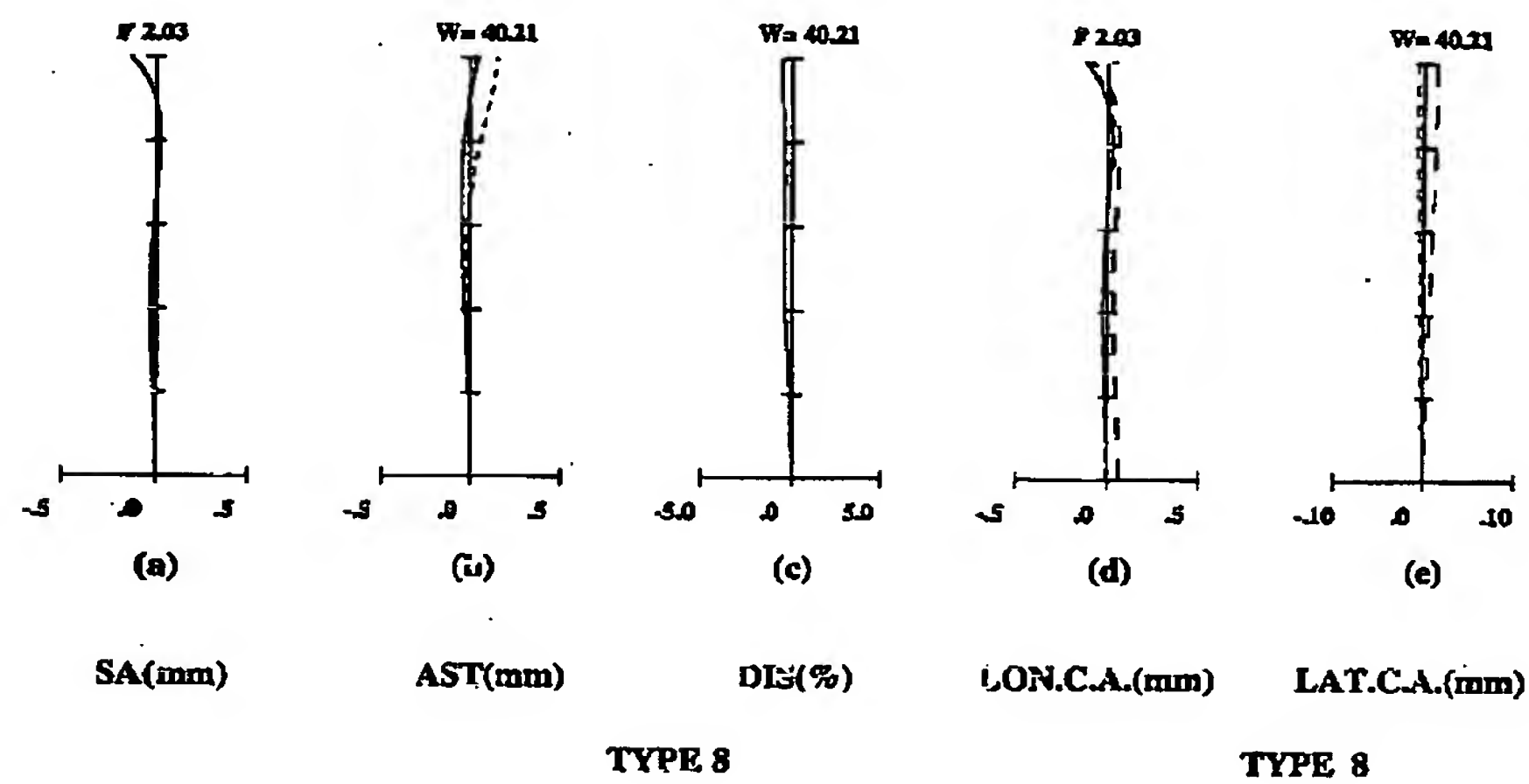
【図25】



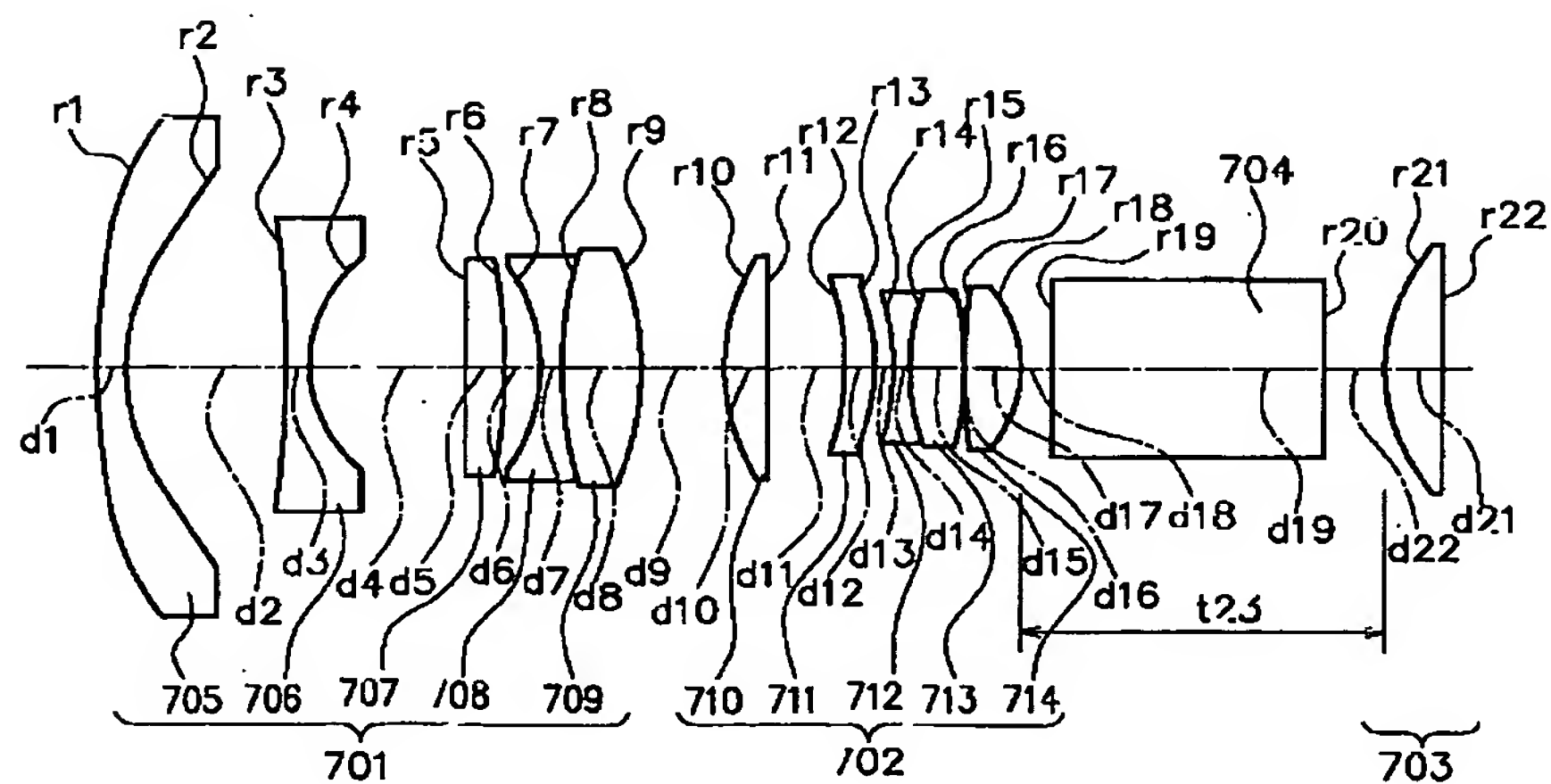
【図26】



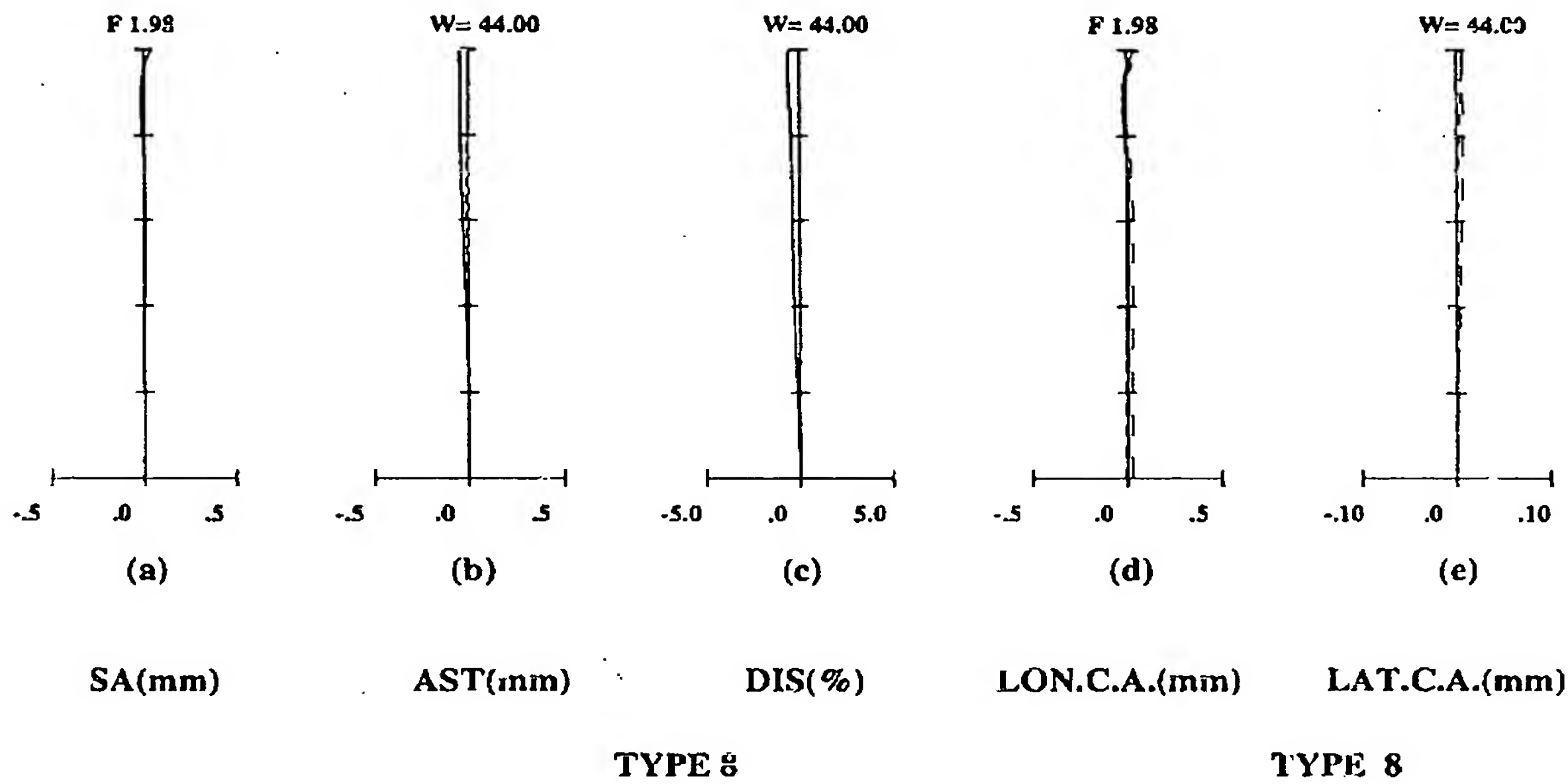
【図27】



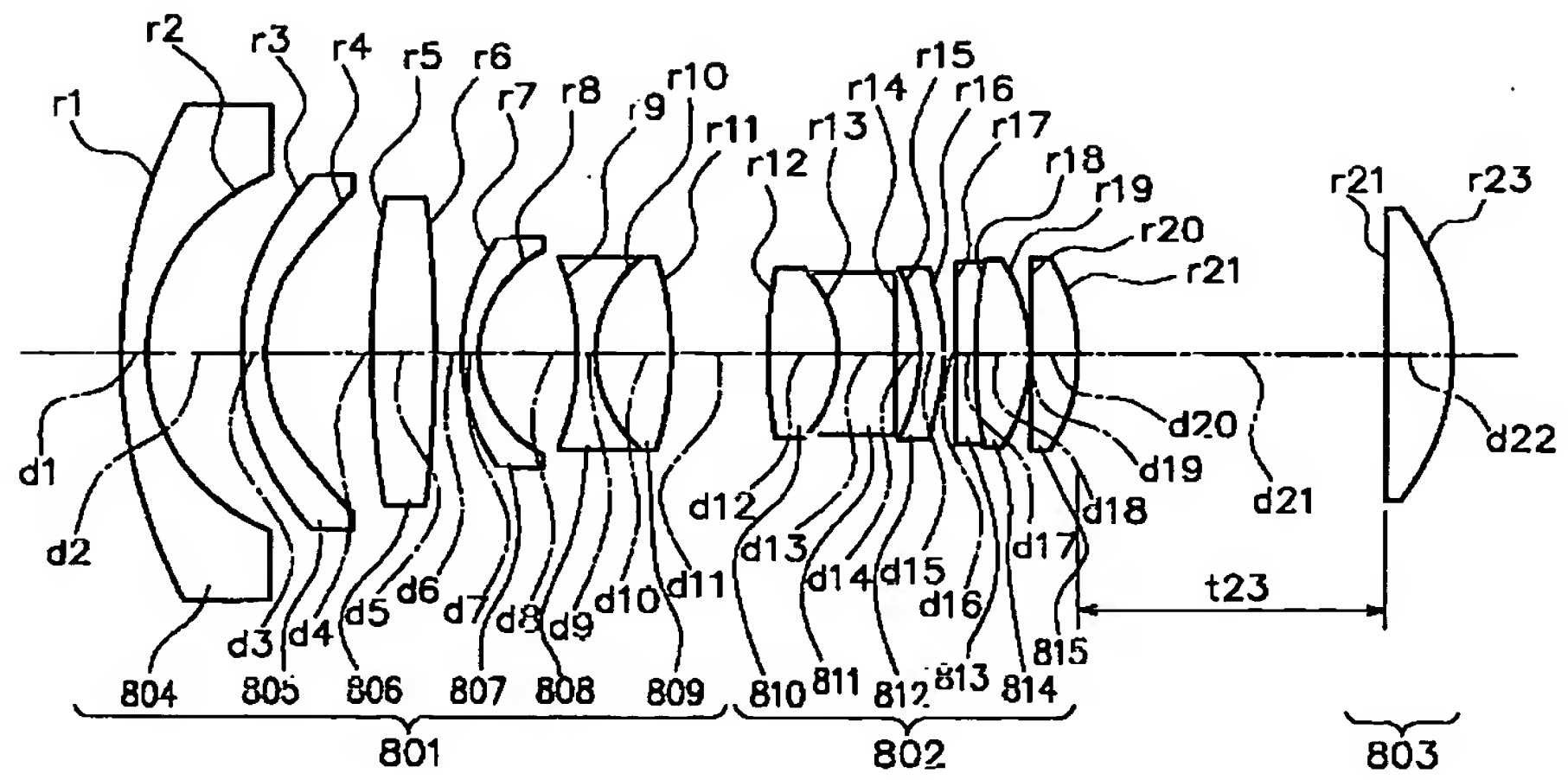
【図28】



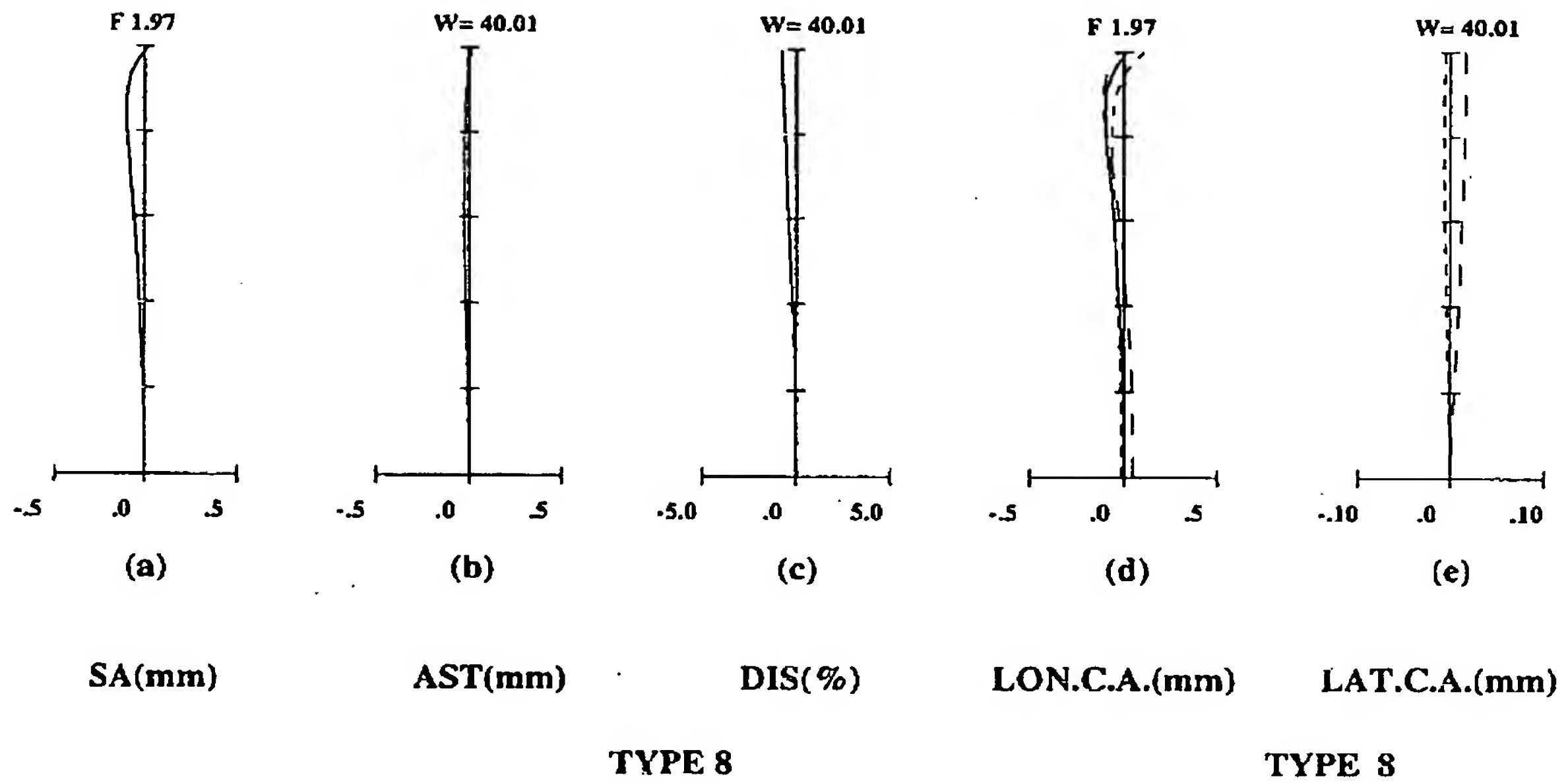
【図29】



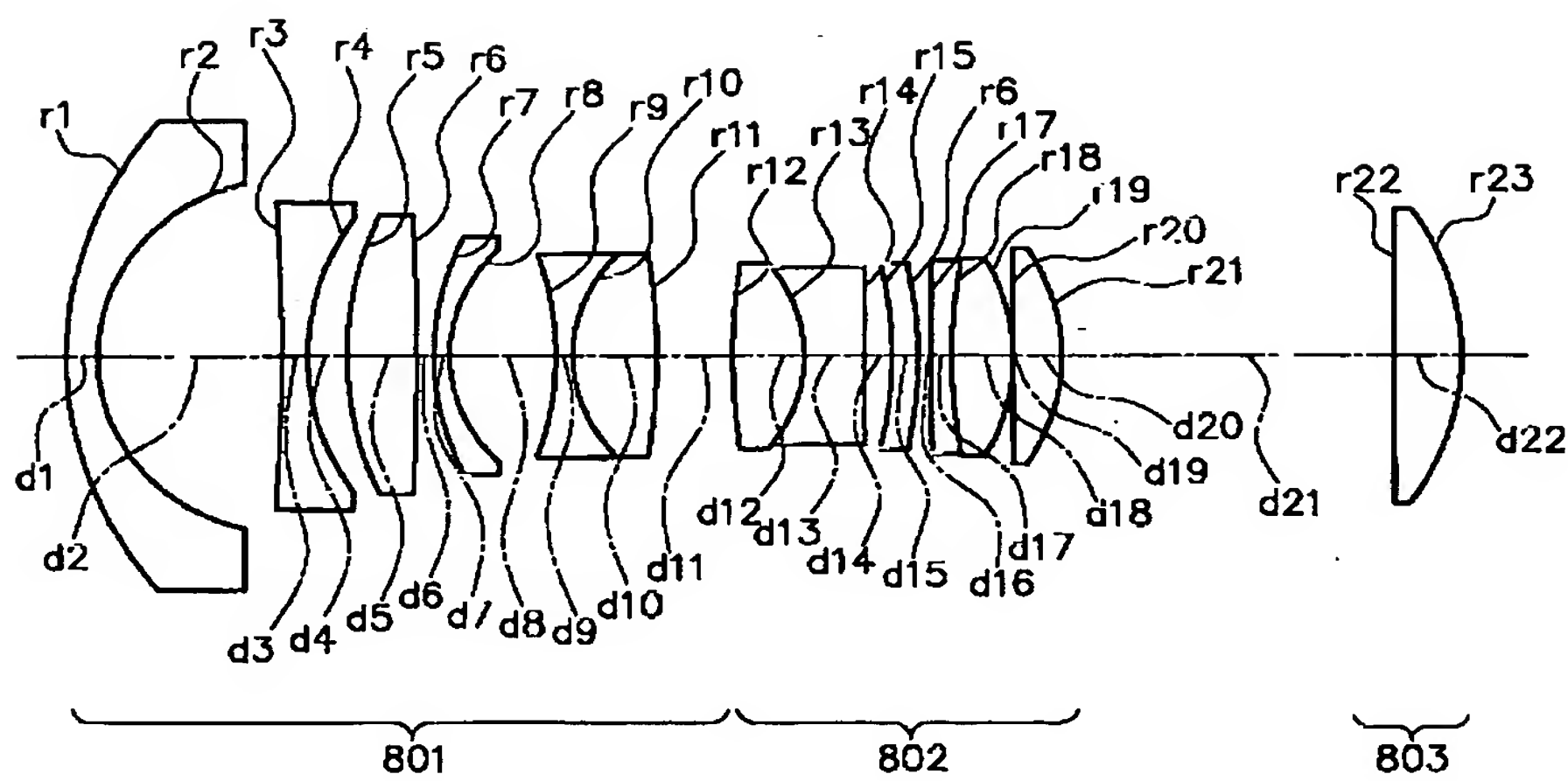
【図30】



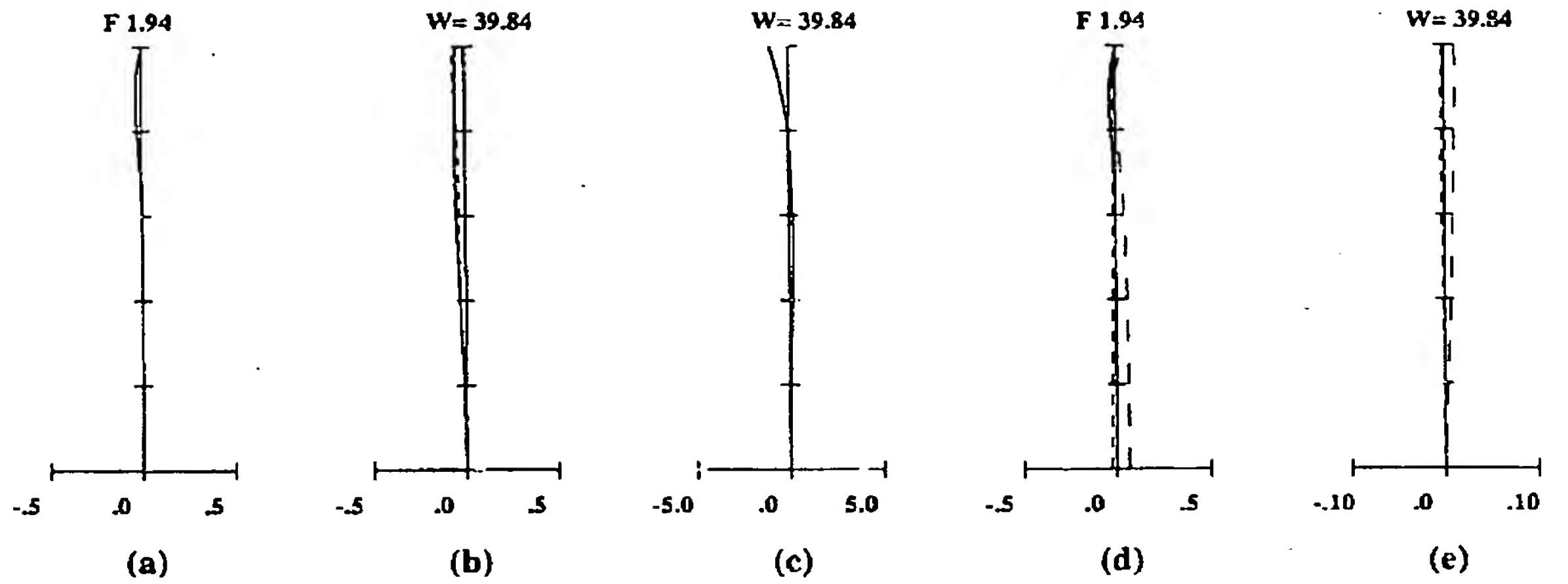
【図31】



【図32】



【図33】



SA(mm)

AST(mm)

DIS(%)

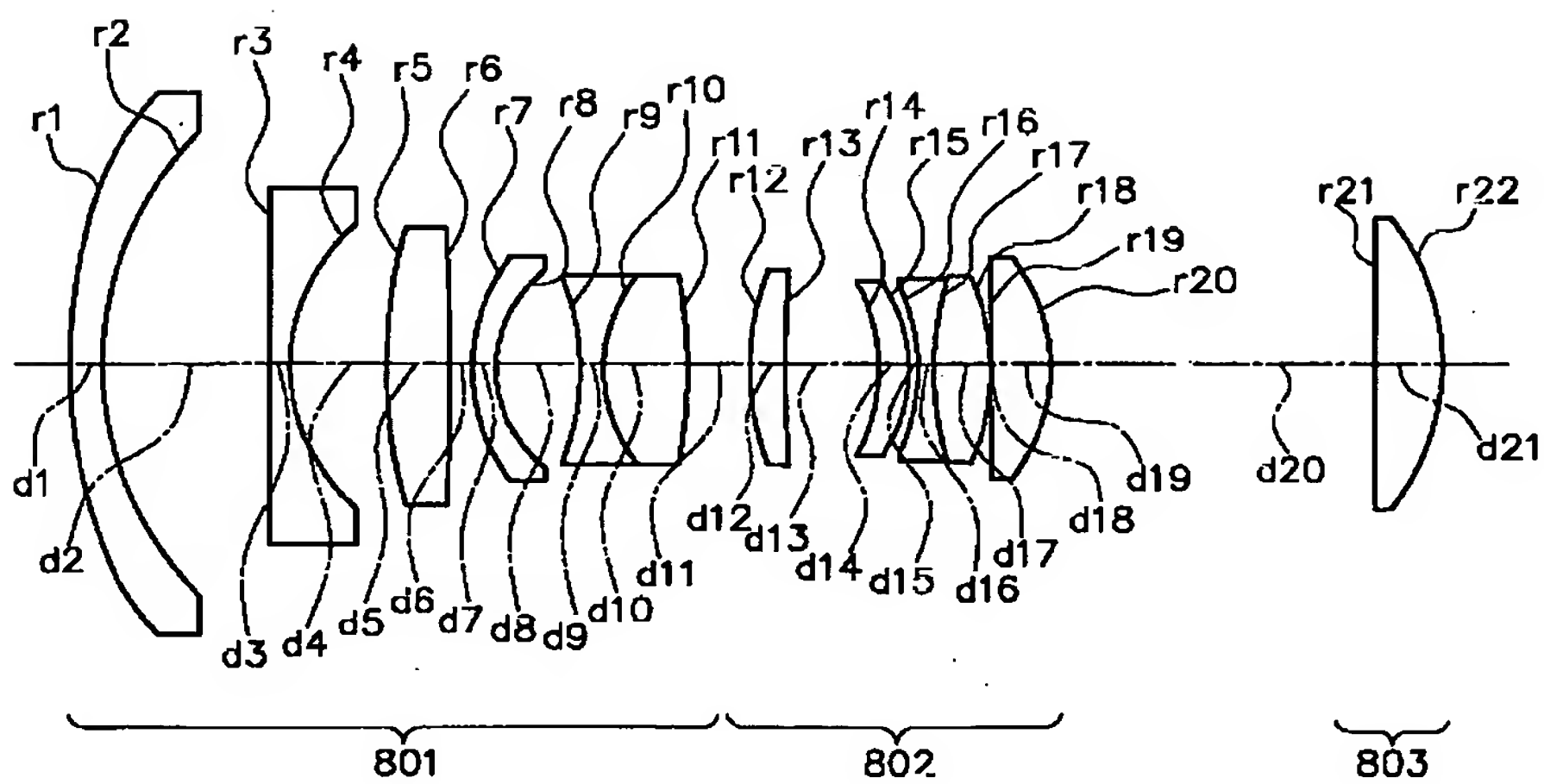
LON.C.A.(mm)

LAT.C.A.(mm)

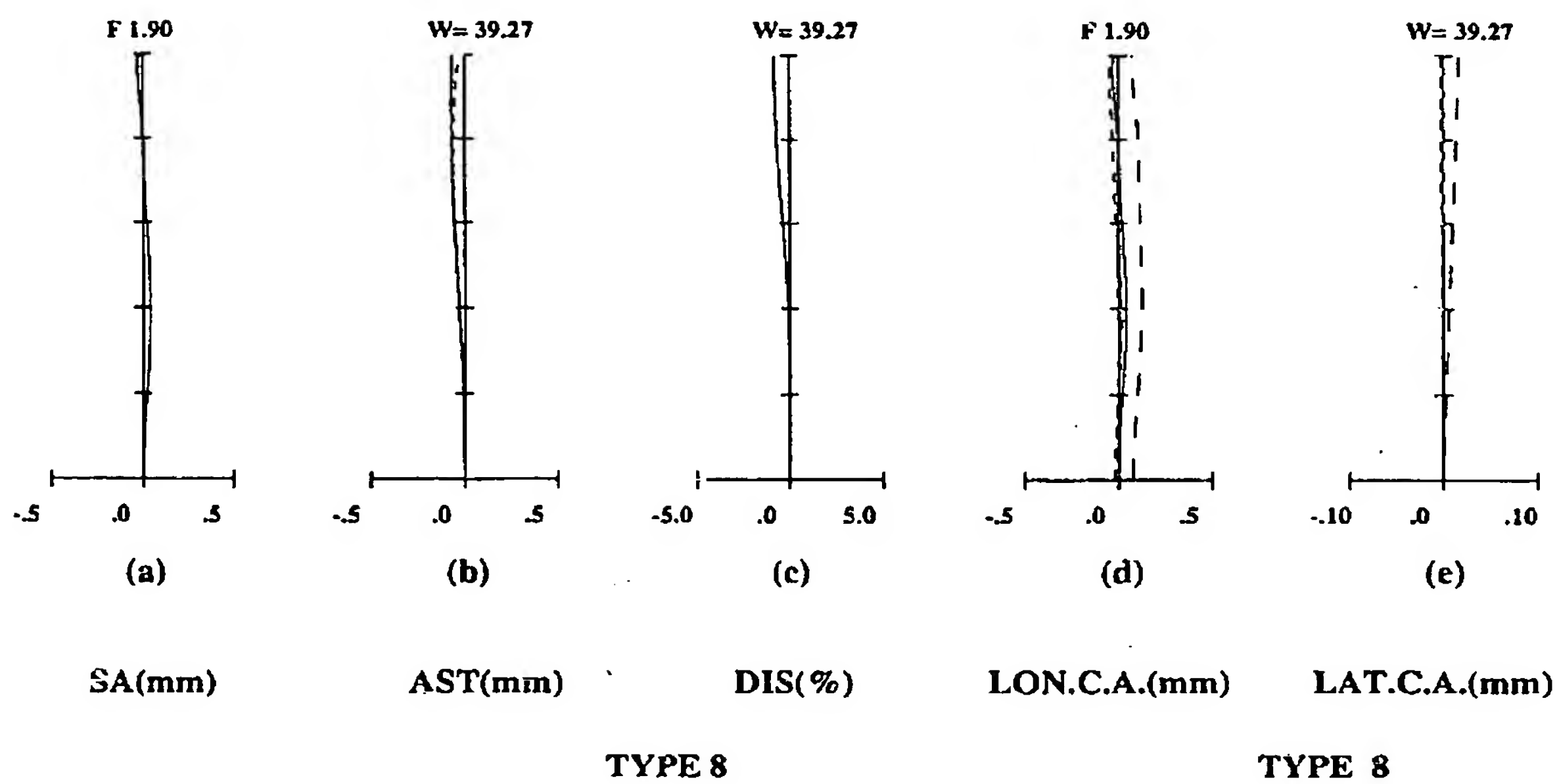
TYPE 8

TYPE 8

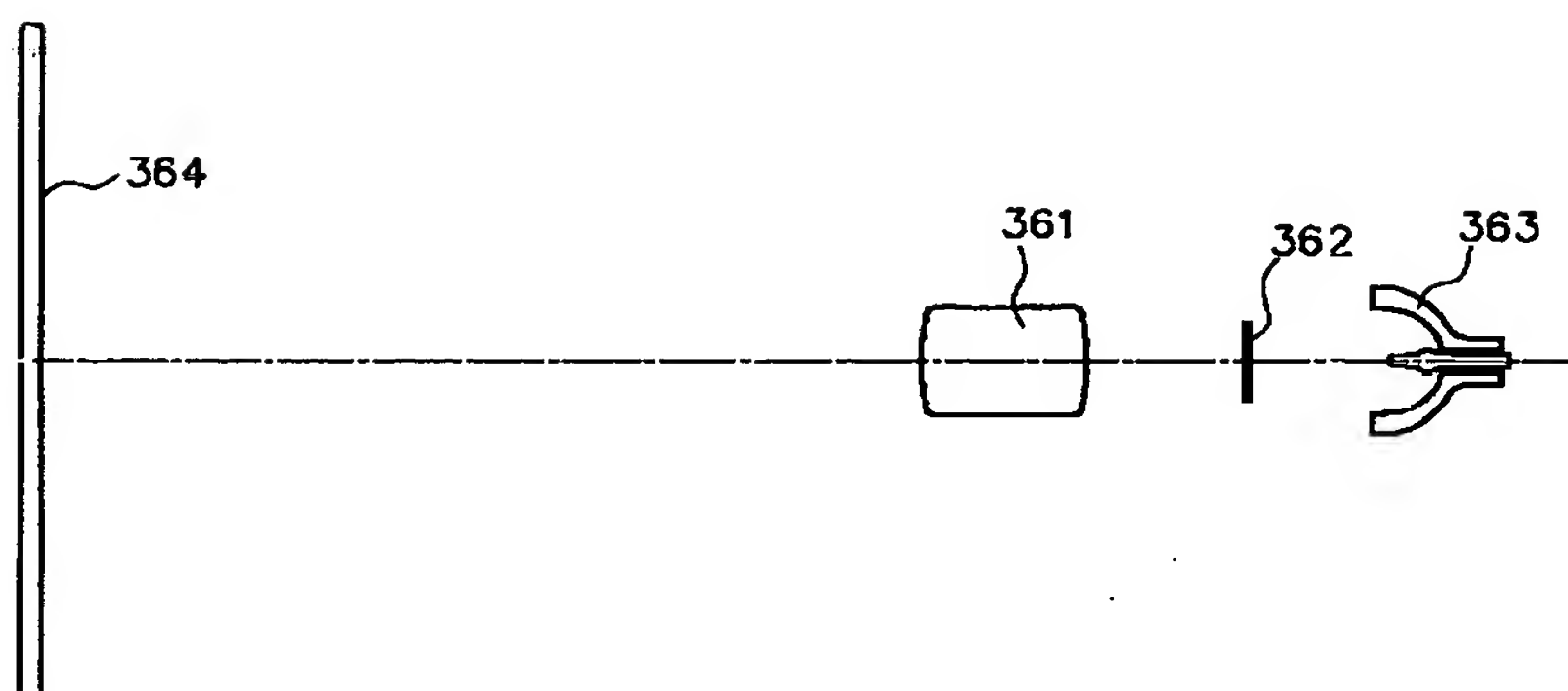
【図34】



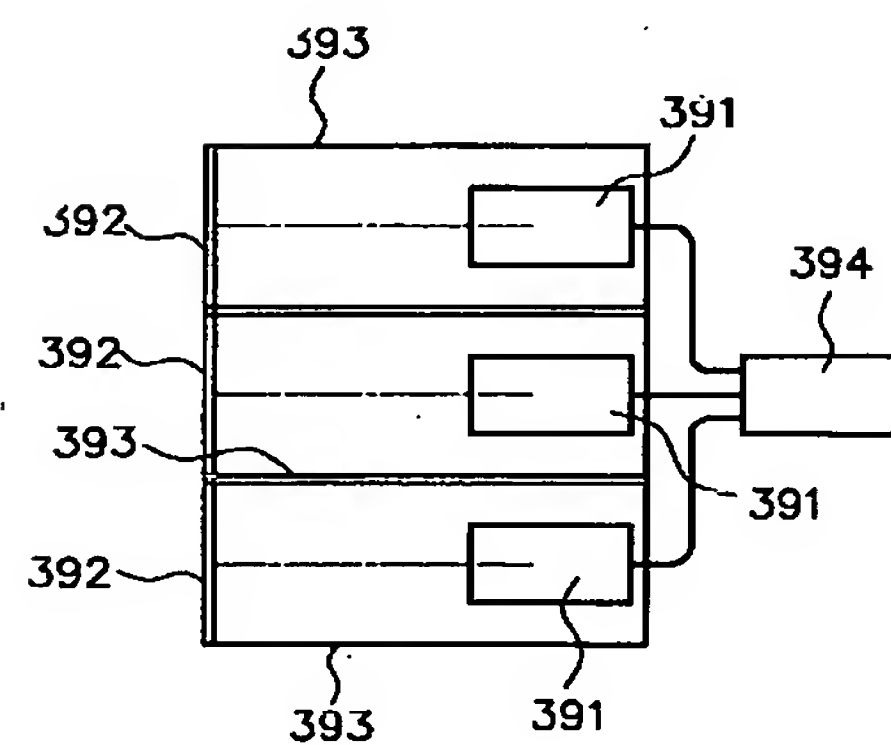
【図35】



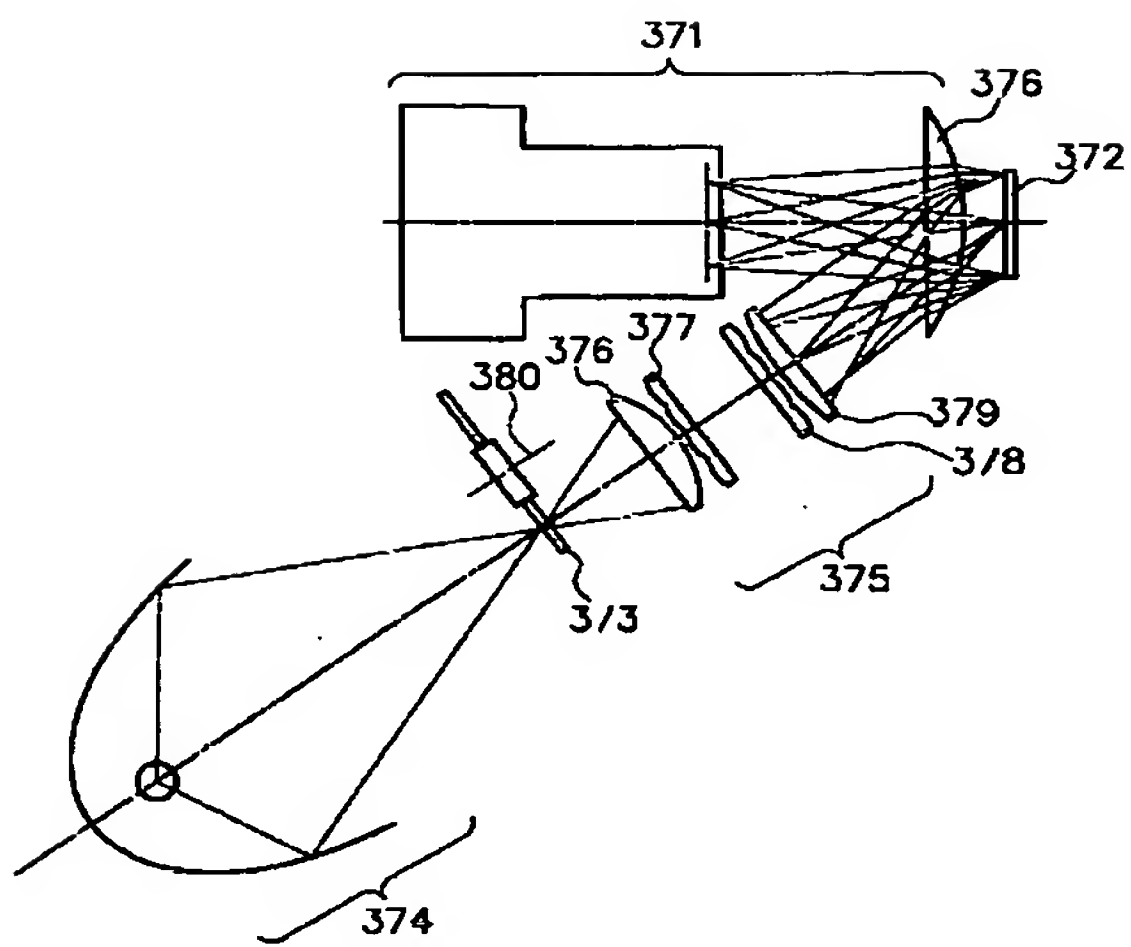
【図36】



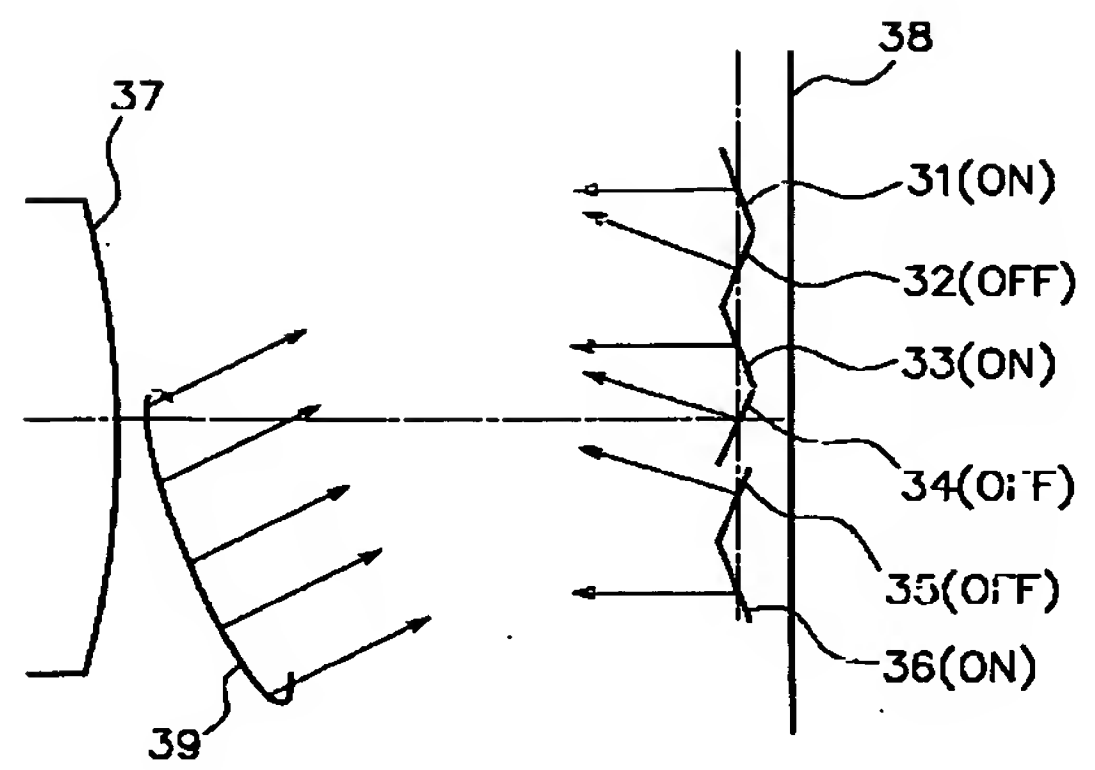
【図39】



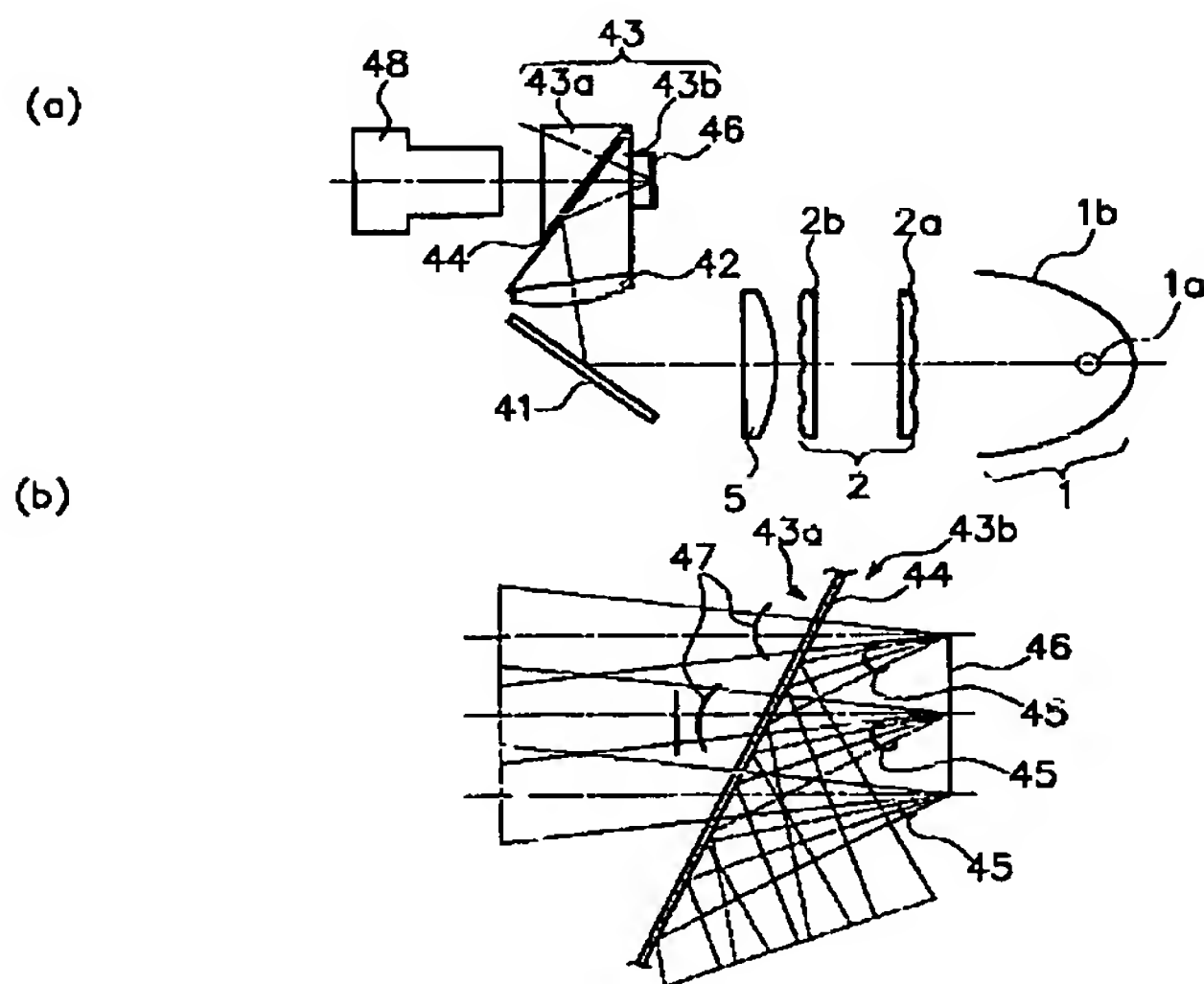
【図37】



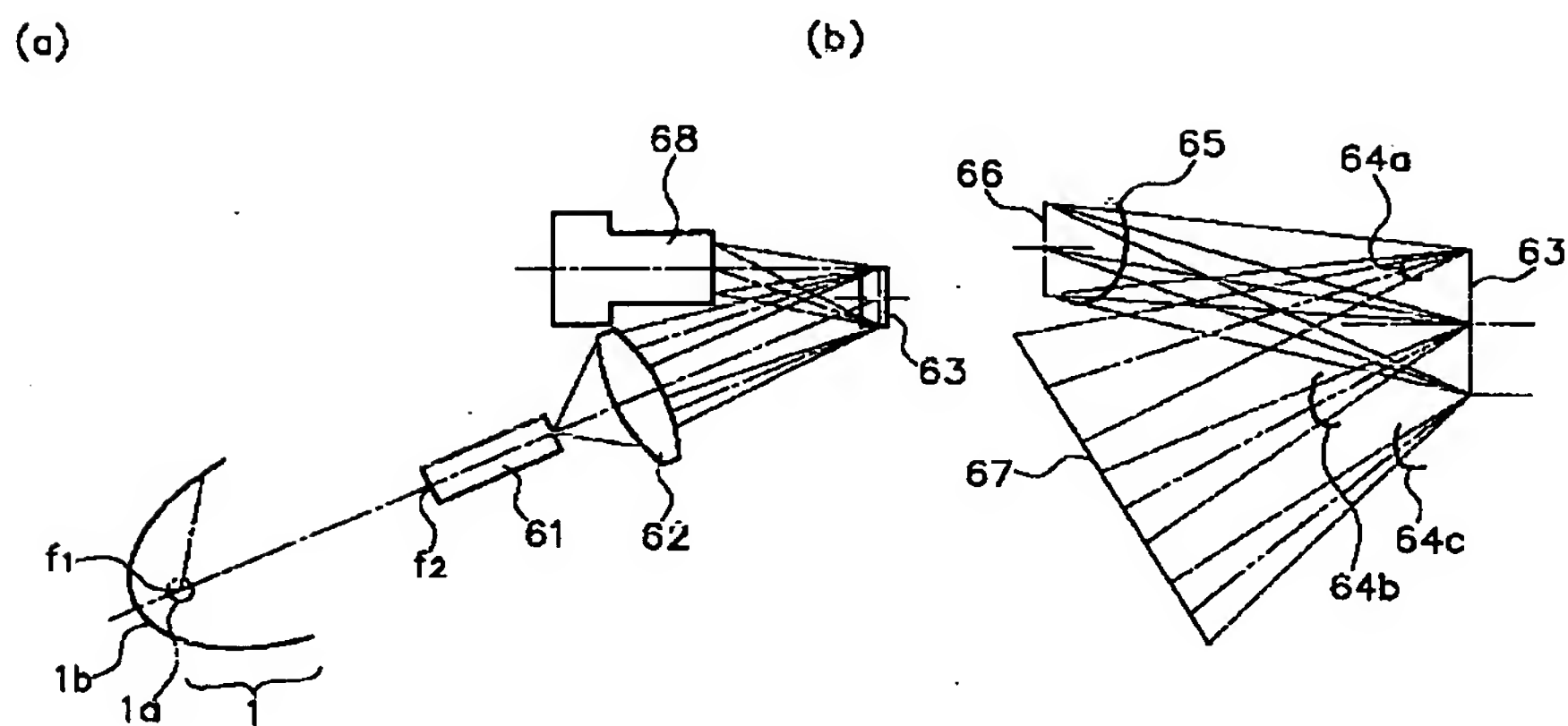
【図40】



【図41】



【図42】



フロントページの続き

(51)Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	(参考)
G 0 2 B	27/18	G 0 2 B 27/18	Z
G 0 3 B	21/00	G 0 3 B 21/00	F
	21/14	21/14	D
H 0 4 N	5/74	H 0 4 N 5/74	A

(72)発明者	木村 俊介	F ターム(参考)	2H041 AA21 AB10 AC01
	大阪府門真市大字門真1006番地		2H087 KA06 LA03 NA02 PA09 PA10
	松下電器		PA11 PA12 PA13 PA18 PA19
	産業株式会社内		PA20 PB10 PB12 PB13 PB14
			PB15 PB16 QA02 QA05 QA07
			QA17 QA21 QA22 QA25 QA26
			QA33 QA41 QA45 RA05 RA12
			RA13 RA32 RA41
			2K103 AA07 AA14 AA18 AB05 BC23
			5C058 EA01 EA02 EA03 EA12